

# Metodología de construcción amateur de una embarcación GLEN-L 17

Trabajo de final de grado



Facultat de Nàutica de Barcelona  
Universitat Politècnica de Catalunya

Trabajo realizado por:  
**Òscar De Celis Andrés**

Dirigido por:  
**Sergio Iván Velásquez Correa**

Grado en Ingeniería en Sistemas y Tecnologías Navales

Barcelona, 01/06/2019

Departamento de Ciencia e Ingeniería Náutica



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH  
Facultat de Nàutica de Barcelona



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

---

Facultat de Nàutica de Barcelona



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

---

Facultat de Nàutica de Barcelona



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

---

Facultat de Nàutica de Barcelona

## Agradecimientos

Agradecer primero de todo a mi padre por su esfuerzo y perseverancia durante los 5 años de construcción del GLEN-L 17. Me ha enseñado a no rendirme delante las adversidades y que con esfuerzo puedes lograr aquello que te propongás.

Agradecer también a mi tutor, el profesor Sergio Iván Velásquez Correa por el soporte durante este proyecto.





UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

---

Facultat de Nàutica de Barcelona

## Introducción

Este proyecto pretende mostrar al lector o potencial constructor, como construir, paso a paso, una embarcación de madera, tomando como referencia en este proyecto el modelo Glen-L17. No solo se enseña el proceso de construcción paso a paso, sino que se busca que el lector tenga en cuenta los diferentes apartados del proceso constructivo, desde el diseño y planos de la embarcación y su interpretación, los elementos principales que constituye la embarcación, los conocimientos sobre los materiales y las herramientas de construcción, hasta los procesos de construcción y trabajo en el taller o astillero, de botadura y de mantenimiento y conservación. Como paso final, se plantea la estimación del presupuesto de todo el proyecto tanto a nivel de materiales como del trabajo a invertir y las máquinas/herramientas que se deben utilizar.

Se ha elegido esta embarcación ya que, el propio redactor ha tenido la experiencia de ser ayudante en la construcción de una embarcación de este tipo, por lo que quiere compartir con los demás aficionados sus conocimientos con entusiasmo esperando aportar estrategias constructivas que en la mayoría de los casos, son de dominio particular y escasamente públicas.

Antes de decidirse a construir su propia embarcación, se recomienda al lector que lea este manual detenidamente, y que analice si está a su alcance construir una embarcación con sus propias manos.



## Tabla de contenido

1. Planos .....	1
2. La estructura .....	4
2.1. Elementos estructurales.....	4
2.1.1. Estructura principal .....	4
2.1.2. Forro.....	5
2.1.3. Cubierta.....	5
3. Materiales de construcción.....	6
3.1. La madera.....	6
3.1.1. Composición y estructura de la madera .....	6
3.1.2. Familias.....	7
3.1.3. Formas comerciales.....	8
3.1.4. Calidad.....	11
3.1.5. Propiedades mecánicas.....	11
3.2. Tornillería .....	14
3.2.1. Material de la tornillería.....	15
3.3. Fibras y Resinas .....	16
3.3.1. Fibras .....	17
3.3.1.1. Estructuras textiles.....	17
3.3.1.5. Tipos de Fibras.....	19
3.3.2. Resinas.....	21
3.3.2.1. Proceso de curado.....	21
3.3.2.2. Tipos de resina .....	22
3.4. Pinturas y barnices .....	24
3.4.1. Pinturas .....	25
3.4.2. Barnices .....	27
3.5. ¿Qué material se debe escoger?.....	28
3.5.1. Madera .....	28
3.5.2. Resina .....	30
3.5.3. Fibra.....	31
3.5.4. Tornillería .....	32
3.5.5. Pinturas y barnices .....	32
4. Análisis 3D de material necesario .....	33
5. Condiciones del astillero .....	35





5.1.	Condiciones meteorológicas y condiciones físicas.....	35
5.2.	Condiciones ergonómicas .....	36
5.3.	Maniobrabilidad de la embarcación .....	36
6.	Herramientas y Equipo de protecció .....	37
6.1.	Herramientas.....	37
6.1.1.	Abrasivas .....	37
6.1.2.	Atornillar y desatornillar .....	38
6.1.3.	Cizalladura / Alicates .....	39
	Corte.....	39
6.1.4.	Medida .....	41
6.1.5.	Percusió .....	42
6.1.6.	Pinturas y barnices .....	43
6.1.7.	Sujeció .....	44
6.1.8.	Taladrar .....	45
6.2.	EPIs .....	46
7.	Proceso deconstrucció .....	48
7.1.	Banco de construcció .....	48
7.2.	Cuadernas.....	49
7.2.1.	Corte.....	49
7.2.2.	Ensamblaje .....	52
7.2.3.	Colocació en banco .....	55
7.3.	Quilla y elementos longitudinales .....	59
7.4.	Forro .....	64
7.5.	Protecció del casco.....	68
7.6.	Pintura .....	71
7.7.	Voltear la embarcació .....	72
7.8.	Estructura de la cubierta y cubierta .....	73
7.9.	Estructura de la cabina y cabina.....	79
7.10.	Bañera .....	85
7.11.	Últimos detalles.....	87
8.	Inspecciones .....	89
9.	Abanderamiento y matriculació.....	91
10.	Documentació de la embarcació.....	95
11.	Mantenimiento .....	96

11.1.	Madera .....	96
11.2.	Obra viva .....	97
11.2.1.	Anti-Fouling .....	97
11.2.2.	Autolavado .....	97
11.2.3.	Dique seco .....	98
11.2.4.	Motor propulsor .....	99
12.	Estudio económico .....	101
12.1.	Herramientas.....	101
12.2.	EPIs .....	102
12.3.	Amarre y fondeo .....	102
12.4.	Propulsión mecánica .....	102
12.5.	Jarcia y arboladura .....	103
12.6.	Madera .....	103
12.7.	Tornillería .....	103
12.8.	Pinturas, barnices, fibras y resina .....	104
12.9.	Otros.....	104
12.10.	TOTAL .....	104
13.	Conclusiones.....	107
14.	Bibliografía .....	108
15.	Webgrafía .....	108
16.	Anexos.....	110

## Tabla de ilustraciones, gráficos y tablas

Ilustración 1:	Plano general GLEN-L 17. Fuente: propia.....	2
Ilustración 2:	Detalle de escala del plano. Fuente: propia .....	3
Ilustración 3:	Listones y tablones. Fuente: internet.....	8
Ilustración 4:	Molduras, perfiles y redondos. Fuente: internet .....	8
Ilustración 5:	Chapas y láminas. Fuente: internet.....	8
Ilustración 6:	Tableros macizos. Fuente: internet.....	9
Ilustración 7:	Tableros de contrachapado. Fuente: internet .....	9
Ilustración 8:	Tableros aglomerados de partículas. Fuente: internet .....	10
Ilustración 9:	Aglomerado de fibra. Fuente: internet .....	10
Ilustración 10:	Tornillos avellanados. Fuente: internet .....	14
Ilustración 11:	Clavos anillados. Fuente: internet.....	14
Ilustración 12:	Tornillo DIN-603. Fuente: internet.....	14
Ilustración 13:	Diagrama Tensión - Alargamiento, de fibra – resina. Fuente: UPC.....	16
Ilustración 14:	MATT. Fuente: internet.....	17



Il·lustració 15: Estructura textil, tejido. Fuente: UPC.....	18
Il·lustració 16: Estructura textil, tejido. Fuente: internet .....	18
Il·lustració 17: Estructura textil, ensamblado. Fuente: UPC .....	18
Il·lustració 18: Estructura textil, ensamblado. Fuente: internet.....	18
Il·lustració 19: Fibra de vidrio. Fuente: internet .....	19
Il·lustració 20: Fibra de carbono. Fuente: internet .....	20
Il·lustració 21: Fibra de kevlar. Fuente: internet.....	20
Il·lustració 22: Grafico, proceso de curado de una resina. Fuente: UPC .....	21
Il·lustració 23: Resina + Catalizador. Fuente: internet.....	30
Il·lustració 24: Espesante. Fuente: internet .....	31
Il·lustració 25: Estructura. Fuente: propia .....	33
Il·lustració 26: Forro. Fuente: propia .....	33
Il·lustració 27: Cabina. Fuente: propia .....	34
Il·lustració 28: Plan. Fuente: propia .....	34
Il·lustració 29: Lijadora eléctrica. Fuente: internet.....	37
Il·lustració 30: Lija manual. Fuente: internet .....	38
Il·lustració 31: Cepillo eléctrico. Fuente: internet .....	38
Il·lustració 32: Cepillo manual. Fuente: internet .....	38
Il·lustració 33: Destornillador eléctrico. Fuente: internet .....	38
Il·lustració 34: Destornillador. Fuente: internet .....	39
Il·lustració 35: Alicates universales. Fuente: internet.....	39
Il·lustració 36: Sierra de calar. Fuente: internet .....	39
Il·lustració 37: Sierra de punta. Fuente: internet.....	40
Il·lustració 38: Sierra para metales. Fuente: internet .....	40
Il·lustració 39: Sierra de trasdós. Fuente: internet .....	40
Il·lustració 40: Caja de inglete. Fuente: internet.....	40
Il·lustració 41: Sierra multifuncional. Fuente: internet.....	40
Il·lustració 42: Chocla. Fuente: internet.....	41
Il·lustració 43: Compás. Fuente: internet.....	41
Il·lustració 44: Flexómetro. Fuente: internet .....	41
Il·lustració 45: Nivel. Fuente: internet .....	41
Il·lustració 46: Plomada. Fuente: internet .....	42
Il·lustració 47: Transportador de ángulo. Fuente: internet .....	42
Il·lustració 48: Martillo de uña. Fuente: internet.....	42
Il·lustració 49: Martillo de nylon. Fuente: internet.....	42
Il·lustració 50: Rodillo. Fuente: internet .....	43
Il·lustració 51: Rodillo metálico. Fuente: internet .....	43
Il·lustració 52: Brocha. Fuente: internet .....	43
Il·lustració 53: Bandeja. Fuente: internet .....	43
Il·lustració 54: Tornillo de banco. Fuente: internet .....	44
Il·lustració 55: Sargento. Fuente: internet.....	44
Il·lustració 56: Mordaza. Fuente: internet .....	44
Il·lustració 57: Taladro. Fuente: internet .....	45
Il·lustració 58: Brocas de madera. Fuente: internet .....	45
Il·lustració 59: Broca de avellanar. Fuente: internet.....	45

Ilustración 60: Corona. Fuente: internet.....	45
Ilustración 61: Gafas de protección. Fuente: internet .....	46
Ilustración 62: Guantes de manipulación. Fuente: internet .....	46
Ilustración 63: Guantes de seguridad. Fuente: internet .....	46
Ilustración 64: Zapatos de seguridad. Fuente: internet.....	46
Ilustración 65: Mascarilla. Fuente: internet .....	47
Ilustración 66: Mascarilla. Fuente: internet .....	47
Ilustración 67: Planos posición cuadernas. Fuente: propia .....	48
Ilustración 68: Banco de construcción. Fuente: propia.....	49
Ilustración 69: Papel de carbón. Fuente: internet .....	49
Ilustración 70: Papel de carbón. Fuente: internet .....	49
Ilustración 71: Elementos cuaderna. Fuente: propia .....	50
Ilustración 72: Partes cuaderna. Fuente: propia.....	50
Ilustración 73: Partes cuaderna. Fuente: propia.....	50
Ilustración 74: Detalle corte con ángulo. Fuente: propia.....	51
Ilustración 75: Brida pre-taladrada. Fuente: propia.....	52
Ilustración 76: Brida y situación clavos. Fuente: propia.....	52
Ilustración 77: Ejemplo ensamblaje cuaderna. Fuente: propia .....	53
Ilustración 78: Ejemplo ensamblaje cuaderna. Fuente: propia .....	53
Ilustración 79: Ensamblaje caja orza + cuaderna 3. Fuente: propia .....	53
Ilustración 80: Ensamblaje caja orza. Fuente: propia .....	53
Ilustración 81: Ensamblaje roda + cuaderna 5. Fuente: propia .....	54
Ilustración 83: Ensamblaje Popa + codaste. Fuente: propia .....	54
Ilustración 82: Ensamblaje Popa + codaste. Fuente: propia .....	54
Ilustración 84: Banco de construcción. Fuente: propia.....	55
Ilustración 85: Colocación cuaderna en banco de construcción. Fuente: propia .....	55
Ilustración 86: Detalle de fijación con sargentos. Fuente: propia .....	56
Ilustración 87: Posicionamiento cuadernas 1, 2, 4 y 5. Fuente: propia .....	56
Ilustración 88: Posicionamiento caja de orza + cuaderna 3. Fuente: propia .....	57
Ilustración 89: Posicionamiento espejo de popa y roda. Fuente: propia .....	57
Ilustración 90: Cuadernas colocadas en banco. Fuente: propia .....	58
Ilustración 91: 1a sección de quilla. Fuente: propia.....	59
Ilustración 92: Adaptación forma quilla a proa. Fuente: propia .....	60
Ilustración 93: Detalle tornillos pasantes. Fuente: propia .....	60
Ilustración 94: Detalle ángulo quilla-roda. Fuente: propia .....	61
Ilustración 95: Longitudinales de costado. Fuente: propia .....	62
Ilustración 96: Corte con ángulo del longitudinal de costado. Fuente: propia.....	62
Ilustración 97: Colocando longitudinales de fondo. Fuente: propia.....	63
Ilustración 98: Plano con anotaciones varias. Fuente: propia .....	63
Ilustración 99: Detalle planchas unión. Fuente: propia .....	64
Ilustración 100: Marcas de lápiz. Fuente: propia .....	65
Ilustración 101: Forro de costado. Fuente: propia.....	65
Ilustración 102: Detalle del exceso de plancha de fondo. Fuente: propia.....	66
Ilustración 103: Detalle del forro colocado. Fuente: propia .....	66
Ilustración 104: Detalle del casco. Fuente: propia.....	67

Ilustración 105: Casco con resina epoxi. Fuente: propia .....	68
Ilustración 106: Aplicación de la fibra de vidrio. Fuente: propia .....	69
Ilustración 107: Detalle tamaño solape de costado. Fuente: propia .....	70
Ilustración 108: Detalle de los solapes. Fuente: propia .....	70
Ilustración 109: Barco pintado. Fuente: propia .....	71
Ilustración 110: Sujeción de la orza. Fuente: propia .....	72
Ilustración 111: Embarcación volteada. Fuente: propia .....	72
Ilustración 112: Nuevo banco de construcción0 Fuente: propia .....	73
Ilustración 113: Estructura cubierta interior. Fuente: propia .....	73
Ilustración 114: Trancaniles interiores. Fuente: propia .....	74
Ilustración 115: Refuerzo cubierta popa. Fuente: propia .....	74
Ilustración 116: Material de flotación en pique de proa. Fuente: propia.....	75
Ilustración 117: Estructura de cubierta en proa. Fuente: propia.....	75
Ilustración 118: Refuerzo transversal cubierta proa. Fuente: propia .....	76
Ilustración 119: Detalle sujeción cubierta. Fuente: propia .....	77
Ilustración 120: Detalle cubierta terminada. Fuente: propia.....	77
Ilustración 121: Material de flotación de sentina. Fuente: propia .....	78
Ilustración 122: Alojamiento puntal y aperturas revisión. Fuente: propia .....	78
Ilustración 123: Agujero de inspección de sentina. Fuente: propia.....	79
Ilustración 124: Perfil de la estructura de cabina. Fuente: propia.....	79
Ilustración 125: Detalle del mamparo. Fuente: propia .....	80
Ilustración 126: Pintura de cubierta. Fuente: propia .....	80
Ilustración 127: Detalle alojamiento seta. Fuente: propia.....	81
Ilustración 128: Detalle estructura cabina. Fuente: propia .....	81
Ilustración 129: Seta en cabina. Fuente: propia.....	82
Ilustración 130: Puntal de refuerzo. Fuente: propia .....	82
Ilustración 131: Puntal de refuerzo. Fuente: propia .....	82
Ilustración 132: Pasamanos. Fuente: propia .....	83
Ilustración 133: Soporte mástil. Fuente: propia .....	83
Ilustración 134: Anclaje obenque. Fuente: propia.....	83
Ilustración 135: Anclaje obenque. Fuente: propia.....	83
Ilustración 136: Portillos. Fuente: propia.....	84
Ilustración 137: Tambucho. Fuente: propia .....	84
Ilustración 138: Detalle de la cabina terminada. Fuente: propia.....	84
Ilustración 139: Mamparo del banco. Fuente: propia .....	85
Ilustración 140: Bañera. Fuente: propia.....	85
Ilustración 141: Detalle del banco de iroko. Fuente: propia.....	86
Ilustración 142: Alojamiento depósito combustible. Fuente: propia .....	86
Ilustración 143: Detalle del depósito de combustible. Fuente: propia.....	87
Ilustración 144: Cornamusas. Fuente: propia .....	87
Ilustración 145: Cintón. Fuente: propia .....	88
Ilustración 146: Autolavado de barcos. Fuente: internet .....	98
Ilustración 147: Dique seco elevador. Fuente: internet.....	98
Ilustración 148: Lumbreras agua. Fuente: internet .....	99
Ilustración 149: Devon Long boat. Fuente: internet .....	105

Il·lustració 150: Viko 23. Fuente: internet .....	105
Il·lustració 151: Mariner Yachts. Fuente: internet .....	106
Il·lustració 152: GLEN-L17. Fuente: propia .....	110

Gràfic 1: Resistència a la flexió – Dureza. Fuente: propia.....	12
Gràfic 2: Mòdul elasticitat – Dureza. Fuente: propia .....	13

Tabla 1: Propiedades mecánicas. Fuente: propia .....	12
Tabla 2: Insectos. Fuente: internet .....	25
Tabla 3: Maderas según el uso. Fuente: Vivier, Francois. <i>Construcción de madera. Las técnicas modernas</i> .....	29
Tabla 4: Fibra de vidrio. Fuente: propia .....	31
Tabla 5: Fibra de vidrio. Fuente: propia .....	32
Tabla 6: Tabla mantenimiento motor. Fuente: internet .....	99
Tabla 7: Presupuesto Herramientas. Fuente: propia .....	101
Tabla 8: Presupuesto EPIs. Fuente: propia.....	102
Tabla 9: Presupuesto Amarre y Fondeo. Fuente: propia .....	102
Tabla 10: Presupuesto Propulsión Mecánica. Fuente: propia .....	102
Tabla 11: Presupuesto Jarcia y Arboladura. Fuente: propia .....	103
Tabla 12: Presupuesto Madera. Fuente: propia .....	103
Tabla 13: Presupuesto Tornilería. Fuente: propia.....	103
Tabla 14: Presupuesto Pinturas, Barnices, Fibras y Resinas. Fuente: propia .....	104
Tabla 15: Presupuesto Otros. Fuente: propia .....	104



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

---

Facultat de Nàutica de Barcelona



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

---

Facultat de Nàutica de Barcelona



## 1. Planos

Tomada la decisión de construir su propia embarcación, el primer paso es decidir qué tipo de embarcación, modelo y dimensiones se va a querer afrontar o se ve capaz de hacer y una vez decidido el modelo, realizar la adquisición de los planos, los cuales indicará que cantidad de materiales se debe comprar, realizar una planificación de todo el proyecto, etc....

Se recomienda al lector, que para agilizar la búsqueda de planos, se tenga en cuenta que en países como los Estados Unidos de América o Francia, hay mucha afición de construcción de embarcaciones, entonces pues, le será más fácil encontrar empresas que los distribuían.

El modelo utilizado a modo de ejemplo para guiar al lector durante este proyecto es el Glen-L17, modelo norteamericano, extraído de la página web <https://www.glen-l.com/>, cuyo fundador el señor Glen tiene más de 300 modelos de embarcaciones, y sus planos a la venta. Las características del modelo en cuestión aparecen en los planos en A3, que se muestran a continuación.

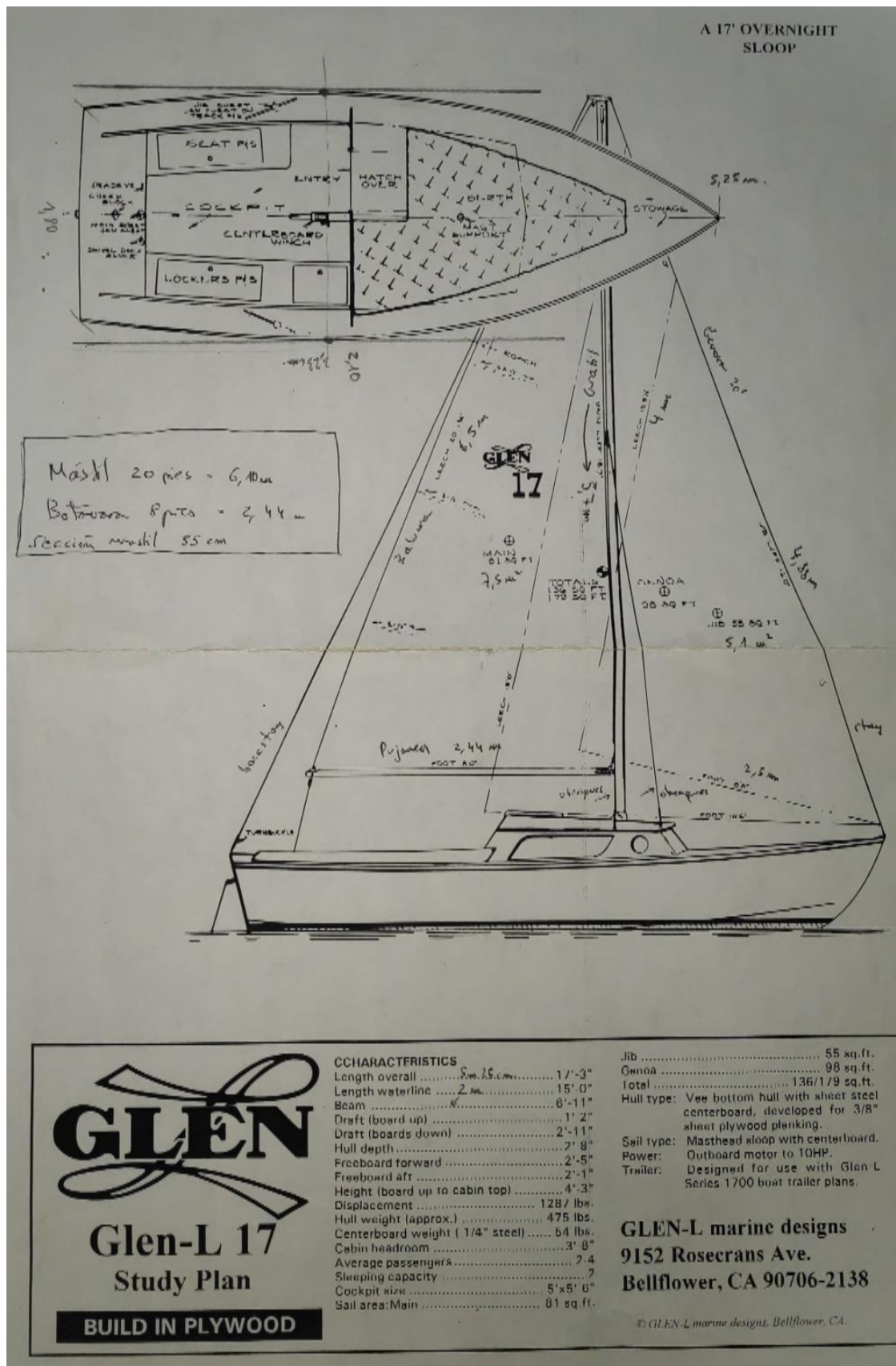


Ilustración 1: Plano general GLEN-L 17. Fuente: propia

Como se puede ver son unos planos muy generales y no dan información constructiva, pero durante el proceso de construcción se van a mostrar más al detalle los planos para saber cómo manejar con ellos. Algunos de estos son los mostrados a continuación, en los cuales hay que tener en cuenta los factores de conversión, pues estos planos están en el sistema imperial (al tratarse de planos de los EUA) y no en el sistema métrico, con lo que antes de empezar a tomar medidas de los planos, es recomendable entender cómo funciona el cambio de unidades.

En la siguiente imagen se puede ver un recorte de un plano de posición de cuadernas, el cual indica en la parte inferior derecha, la escala en la que está el dibujo  $1'' = 1'10''$ , esto quiere decir lo siguiente:

1 pulgada es igual a 1 pie, pero como se va a medir con una regla de sistema métrico, 1 cm en el plano equivale a 0,3937 pulgadas por lo que serán 0,3937 pies. Para terminar, 1 pie equivale a 0,3048 metros por tanto 0,3937 pies equivalen a 0,1199 metros en la realidad o lo que es lo mismo 11,9 cm.

Conclusión, **1cm en el plano equivalen a 11,9 cm en la realidad**, por lo que para estos planos del proyecto, siempre que en el cajetín se vea la siguiente expresión  $1'' = 1'10''$  significará que **1cm en el plano equivalen a 11,9 cm en la realidad**. Para más precisión y rapidez, se recomienda construir una tabla Excel con los valores exactos para agilizar la toma de medidas y que sean pasadas a la madera.

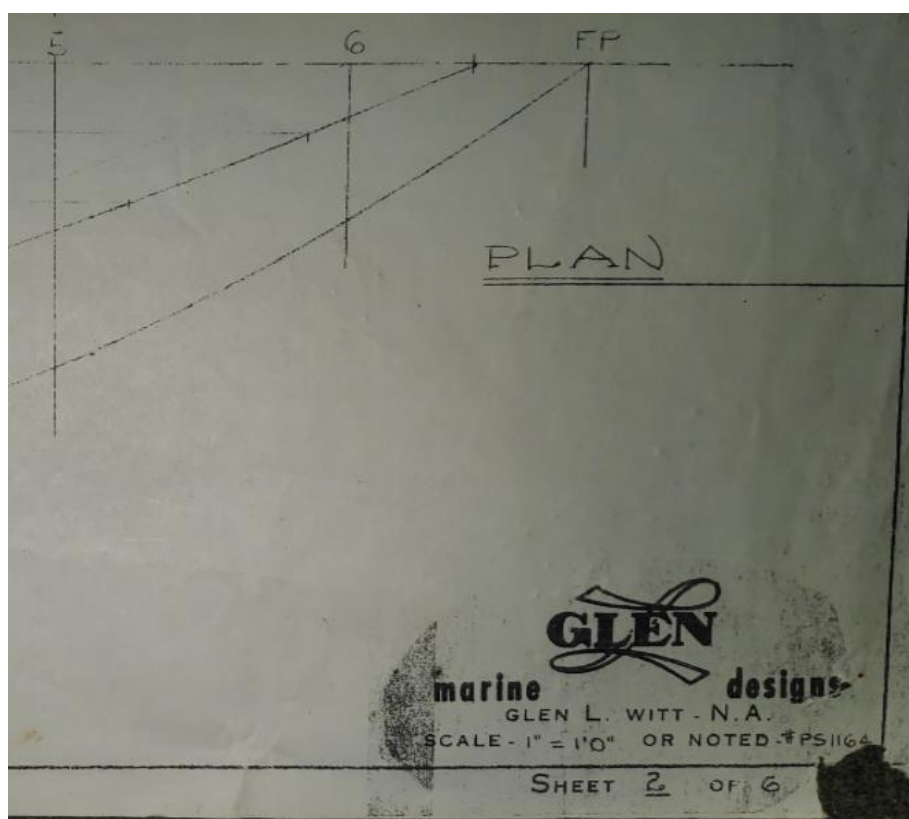


Ilustración 2: Detalle de escala del plano. Fuente: propia

## 2. La estructura

En este apartado se habla de las partes principales de una embarcación de madera. La embarcación se divide en estructura principal, forro y cubiertas.

### 2.1. Elementos estructurales

#### 2.1.1. Estructura principal

- **Baos:** Vigas dispuestas transversalmente que apoyan en las cabezas de las cuadernas. Sirven para sostener la cubierta y dar rigidez al casco en sentido transversal.
- **Bulárcamas:** Las bulárcamas son cuadernas de mayor sección, de manera que aumenta la resistencia del casco a la vez que permite disminuir el grosor de otros refuerzos.
- **Codaste:** Elemento estructural que continúa la quilla en la popa, su forma dependerá de si el buque tiene hélice o no.
- **Cuadernas:** Piezas que se podrían denominar como “costillas” del buque y sobre las cuales va clavado el forro exterior. La cuaderna maestra es aquella que tiene la sección transversal de mayor superficie, situada aproximadamente en la parte central del buque.
- **Durmiente:** Refuerzo (listón) longitudinal que corre de proa a popa, colocados contra la cabeza de las cuadernas, sobre el cual se apoyan los baos.
- **Longitudinales de fondo:** Perfiles colocados de forma longitudinal, en el fondo del buque y paralelamente al plano de crujía que tienen como misión:
  - a) Dar resistencia longitudinal al casco
  - b) Dar soporte al forro exterior del fondo para evitar el pandeo del mismo
  - c) Ser elementos de reparto de esfuerzos a la estructura transversal del fondo y de esta al resto de la estructura
- **Quilla:** Elemento estructural que corre de proa a popa siendo el principal refuerzo longitudinal, en el cual descargan los demás. Se podría decir que es la “columna vertebral” del barco y se unen a ella las cuadernas, roda y codaste.
- **Roda:** Prolongación de la quilla en la proa del casco que va hasta la cubierta.
- **Trancaniles:** Refuerzos (listón) longitudinales, que corre de proa a popa, colocados en los extremos de los baos/cuadernas.
- **Varengas:** Pieza estructural transversal que afirma en la quilla y enlaza las ramas de una cuaderna.

### 2.1.2. Forro

El forro es el conjunto de tablones o planchas con las que se cubre la estructura del buque, es decir, sería la “piel” o “fuselaje” del barco. A continuación, se muestran las diferentes partes que lo componen.

- **Cintón:** Listón de madera que va por la parte exterior del buque de proa a popa y sirve para defender el costado. También llamado verdugillo en una embarcación pequeña.
- **Forro:** Conjunto de tablones o planchas con las que se cubre la estructura del buque.
- **Pantoque:** Parte del casco que comprende la transición entre el fondo y el costado.
- **Tracas:** Tablas que componen el forro del casco.

### 2.1.3. Cubierta

La cubierta es el cierre superior del casco que contribuye a la estanqueidad del mismo y que permite la existencia de un espacio habitable para la tripulación. A continuación, se muestran las diferentes partes que la componen.

- **Bañera:** Espacio exterior del casco destinado a la tripulación, donde generalmente se encuentra la caña o rueda del timón y desde la cual se pueden manejar las escotas.
- **Borda:** Parte superior del costado de un buque o prolongación del costado de un buque por encima de la cubierta que sirve de protección contra los golpes de mar.
- **Cubierta:** Cierre superior del casco que contribuye a la estanqueidad del mismo y que permite la existencia de un espacio habitable para la tripulación.
- **Regala:** Refuerzo que se coloca en la borda, o parte superior de ella.

### 3. Materiales de construcción

En este apartado, se va a poner especial énfasis en la madera ya que es la principal materia prima con la que se va a construir la embarcación, no obstante, no se pueden olvidar otros materiales, no menos importantes, con los que por ejemplo se va a proteger la madera, o simplemente elementos que van a formar parte de la embarcación y que no van a ser de madera. Es por esto que, en el presente apartado, se va a diferenciar los materiales según su naturaleza.

#### 3.1. La madera

Material principal con el que se va a construir la estructura, forro y cubierta de la embarcación. Es de gran importancia saber que madera se debe elegir, pues el conocimiento de sus características y su adecuada utilización alargará la vida de la estructura y la embarcación en general, ya que no todas se deterioran igual y poseen propiedades mecánicas de gran variedad de rangos.

##### 3.1.1. Composición y estructura de la madera

La madera es un material ortótropo, con distinta elasticidad según la dirección de deformación, encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Los árboles se caracterizan por tener troncos que crecen año tras año, formando anillos concéntricos correspondientes al crecimiento según las estaciones y que están compuestos por fibra de celulosa unida con lignina.

Su estructura es la siguiente:

- **Corteza interna, floema o líber:** está formada por tejido vivo y transporta, en sentido descendente, hasta las raíces, los alimentos fabricados en la fotosíntesis y el oxígeno absorbido del aire usado en la respiración. El floema puede tener fibras de líber, que son muy fuertes, y en algunas especies constituyen la materia prima de la que se obtienen fibras comerciales. Estas células viven un tiempo relativamente corto, después mueren y se convierten en suber para finalmente formar parte de la corteza externa protectora.
- **Cámbium:** capa que sigue a la corteza y da origen a otras dos capas: la capa interior o capa de xilema, que forma la madera, y una capa exterior o capa de floema, que forma parte de la corteza.
- **Xilema:** es el término botánico de la madera, y está formado por tejido leñoso. Dado que las células de la xilema producidas en primavera son grandes y las formadas más tarde pequeñas, y que durante el invierno el crecimiento se interrumpe, la madera que se forma cada año adopta la forma de anillo anual o de crecimiento. Se diferencian unos de otros por una diferencia de color que alterna el claro (madera primeriza correspondientes al crecimiento primaveral), y el oscuro (madera tardía correspondiente al crecimiento otoñal más lento), de forma que cada alternancia de anillo claro a anillo oscuro indica un año en la vida del árbol. La anchura de cada anillo se ve afectada por el clima, el tipo de árbol y otras variables.
- **Albura:** Los anillos más jóvenes, de tonalidad más clara, constituyen la albura. Están formados por tejidos que transportan agua y nutrientes minerales disueltos desde el suelo, y también los productos gaseosos de la respiración, que se forman en todas las

células vivas de la planta, hacia las hojas, desde las que pasan a la atmósfera. A medida que el tronco crece, la parte interna de la albura se ve desplazada de la zona de crecimiento activo, el cambium, y sus células mueren, sufriendo transformaciones químicas por acumulación de resinas, taninos, aceites esenciales y otras sustancias, transformándose en duramen.

- **Duramen o corazón:** Los anillos anuales más antiguos de la xilema, de color más oscuro, casi nunca son funcionales. Es la parte central y sustentadora del árbol. Aunque no está viva, no se descompone, sino que conserva su fuerza sustentadora en tanto viven las capas exteriores. Constituido por un sistema de células de celulosa huecas unidas o conectadas por un producto similar a una cola química, es decir la lignina, es en muchos aspectos tan fuerte como el acero. Un trozo de tan solo 30 centímetros de largo, con una sección de 2,5 x 5 centímetros, soporta un peso de hasta 5 toneladas.

### 3.1.2. Familias

Las maderas se pueden clasificar de diversas formas:

- Maderas blandas y maderas duras

La **madera dura** proviene de los árboles de tipo **angiospermas**, que se caracterizan por tener semillas encerradas, ya sea en vainas cubiertas o frutos, a parte, la mayoría de estos árboles son de hoja caduca y su crecimiento es más lento que los árboles madera blanda, por lo que el producto final es una madera más densa y más cara. Otra forma de diferenciar este tipo de árboles (angiospermas), es que todos tienen flores. Este tipo de maderas, casi siempre, son de mayor calidad y más resistentes que las blandas.

Ejemplos de este tipo de maderas son: Abedul, Castaño, Cerezo, Ébano, Fresno, Haya, Lapacho, Nogal, Olivo, Roble, Teca, Iroko

La **madera blanda** proviene de los árboles de tipo **gimnospermas**, que se caracterizan por tener semillas que no tienen revestimiento, además estos árboles, suelen ser de hoja perenne y su crecimiento es más rápido que los árboles de madera dura y de menor densidad. Este tipo de madera es de uso muy común, aproximadamente un 80% de la madera que se usa en la actualidad, no obstante, es vista como de menor calidad, ya que tiene menor vida útil, no dura tanto tiempo como la dura, requiere más cuidados y se daña con facilidad.

Ejemplos de este tipo de maderas son: Abeto, Cedro, Chopo, Pino

- Maderas resinosas, maderas frondosas y maderas exóticas



### 3.1.3. Formas comerciales

La madera se puede presentar, sin tener presente que tipo de madera es, de diversas formas tal y como se muestra a continuación:

- **Listones y tablones:** Prismas rectos, de sección cuadrada o rectangular, y gran longitud.



Ilustración 3: Listones y tablones. Fuente: internet

Usos en la construcción naval: desde la estructura pasando por el forro hasta ebanistería.

- **Molduras, perfiles y redondos:** obtenidos a partir de listones a los que se les da una determinada sección.



Ilustración 4: Molduras, perfiles y redondos. Fuente: internet

Usos en la construcción naval: ebanistería

- **Chapas y láminas:** Formadas por planchas rectangulares de poco espesor.



Ilustración 5: Chapas y láminas. Fuente: internet

Usos en la construcción naval: ebanistería



- **Tableros macizos:** Que pueden estar formados por una o varias piezas rectangulares encoladas por sus cantos.



Ilustración 6: Tableros macizos. Fuente: internet

Usos en la construcción naval: ebanistería

Además también se pueden encontrar materiales derivados de las maderas, que son obtenidos en fábricas a partir de restos de madera natural. Se comercializan en forma de láminas o tableros de diverso grosor.

- **Tableros de contrachapado:** fabricados mediante el encolado de varias láminas finas de madera natural prensadas.



Ilustración 7: Tableros de contrachapado. Fuente: internet

Los gruesos estándar son 6mm (5 capas), que se reserva para embarcaciones ligeras y 9 o 10 mm (7 capas) cuya resistencia basta para la mayoría de los barcos de construcción amateur, como en el caso del ejemplo de este proyecto. En cuanto a medidas de largo y ancho, los estándares son de 2,5 o 3,10 metros de largo por 1,22 o 1,50 metros respectivamente de ancho.

Usos en la construcción naval: refuerzos de cuadernas, cubiertas, cabinas, planes de cubierta...

- **Tableros aglomerados de partículas:** se fabrican a través del encolado y prensado de partículas de madera de diferente procedencia. Normalmente este material, se encuentra forrado por las dos caras con plástico o una chapa fina de madera.



Ilustración 8: Tableros aglomerados de partículas. Fuente: internet

Usos en la construcción naval: ebanistería

- **Tableros aglomerados de fibra:** se fabrican a partir del encolado y prensado de fibras de madera de reducido tamaño.



Ilustración 9: Aglomerado de fibra. Fuente: internet

Usos en la construcción naval: ebanistería

Por lo que se puede ver, los formatos más importantes y por ende, los que más se van a emplear serán los **listones y tablones** y los **tableros de contrachapado**, así que de ahora en adelante, son los que más se van a nombrar, por lo que en el siguiente apartado se habla sobre la calidad de los mismos.

#### 3.1.4. Calidad

Como se ha dicho en el apartado anterior se va a mencionar los aspectos importantes en cuanto a calidad se refiere, relacionados con los tableros de contrachapado y listones y tablones ya que van a ser los más usados en la construcción de la embarcación.

##### Los contrachapados

La madera o tablón de contrachapado, es aquel tablero formado por chapas de madera unidas entre sí por un adhesivo, donde las direcciones de las fibras entre capa y capa de madera están orientadas 90º entre sí para proveer a los tableros una buena estabilidad dimensional y una buena resistencia tanto en sentido longitudinal como transversal del tablero.

Los contrachapados, conocidos como chapa marina o contrachapado marino son de mayor calidad y precio que los demás contrachapados, la diferencia reside en gran medida de la clase de madera y colas utilizadas para su fabricación. Esta calidad permite obtener una resistencia superior a golpes y por otro lado un excelente comportamiento frente a la humedad, característica principal para usar esta calidad de contrachapado a uno de normal.

Su característica principal es que no debe contener agujeros ni huecos, y están pegadas con un adhesivo fenólico fuerte.

##### Listones y tablones

La madera en forma de listón o tablón puede proceder de diversos árboles según la necesidad estructural o de ebanista. Las características de calidad a tener en cuenta en este caso son, que la madera no tenga nodos ni este agrietada.

#### 3.1.5. Propiedades mecánicas

Debido a que la madera es el principal tema de discusión de este proyecto, se ha querido profundizar más y se ha hecho un pequeño estudio comparativo para ver que propiedades mecánicas tiene cada una de las maderas más utilizadas en la construcción naval.

Se ha hecho una tabla comparativa con sus propiedades mecánicas y dos gráficos para que el lector tenga una idea más clara de las propiedades características de cada madera.

	Densidad ( $\text{kg/m}^3$ )	Dureza	Resistencia a la flexión ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )	Resistencia a la tracción ( $\text{kg/cm}^2$ )	Módulo de elasticidad ( $\text{kg/cm}^2$ )
Abedul	650	3,1	1.548	526		170.000
Cedro	490	2	743	415		90.000
Ebano	1,05	8,1	1.650	725		150.000
Fresno	690	4,2	1.130	510	1.450	129.000
Iroko	650	3,9	955	540	800	105.000
Pino de oregón	510	2,45	860	525	930	128.000
Roble Americano	710	4,8	960	450	1.600	113.000
Sapeli	680	3,9	1.150	590	860	120.000
Teka	690	4,1	1.020	630	850	110.000

Tabla 1: Propiedades mecánicas. Fuente: propia

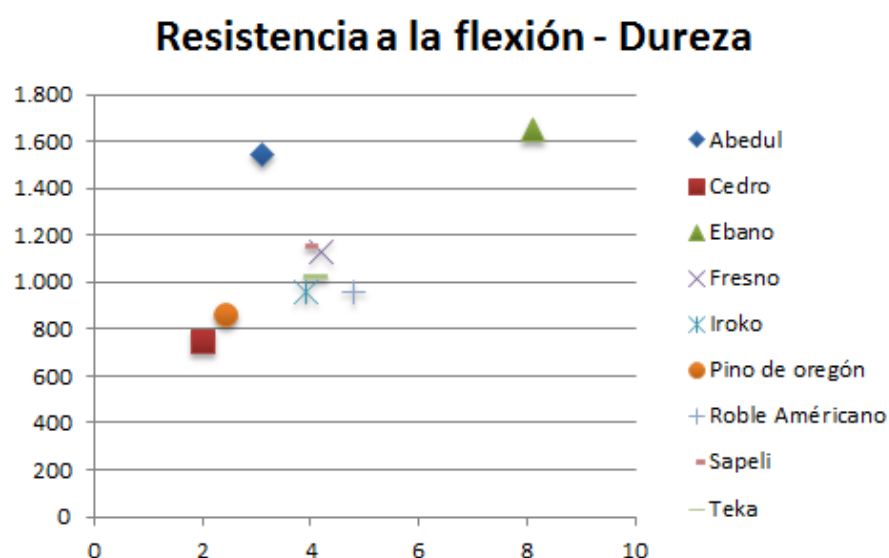


Gráfico 1: Resistencia a la flexión – Dureza. Fuente: propia

## Módulo elasticidad - Dureza

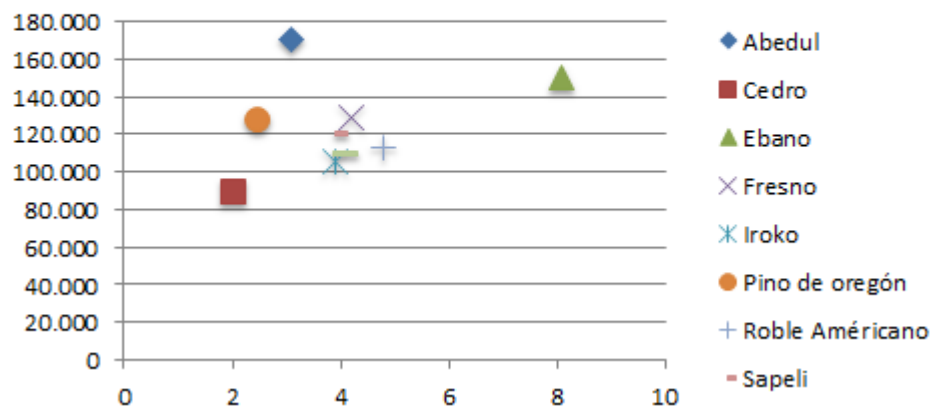


Gráfico 2: Módulo elasticidad – Dureza. Fuente: propia

### 3.2. Tornillería

A pesar de que se trate de construcción de embarcaciones de madera, los materiales metálicos constructivos son de suma importancia, ya que ayudan a reforzar la integridad del buque, estos son, los elementos de tornillería, básicamente tornillos y clavos.

Son varios los tipos de tornillería utilizada en la construcción naval de embarcaciones de madera, pero los más comunes y que se utilizarán en este proyecto son los que se muestran a continuación.

- **Tornillo cabeza plana para madera:** Los tornillos que más se van a utilizar serán los tornillos de cabeza plana, y entre ellos se distinguen los tornillos de ranura Philips o Read-Prince (estrella) o ranura recta. La herramienta de atornillar trabaja mejor con el tipo Read-Prince, pero no se entrará más en ello. Su uso es polivalente, pero en zonas donde no se precise mucha potencia de agarre, se podrá optar por usar los clavos anillados, pues resultan más económicos que los tornillos.



Ilustración 10: Tornillos avellanados. Fuente: internet

- **Clavos anillados:** Este tipo de clavos, poseen unos anillos a lo largo de su vástago, estos anillos son de menor diámetro que el homólogo en rosca de un tornillo. Una vez introducidos en la madera, son imposibles de sacar sin destrozar la madera, ya que dichos anillos se aferran a la fibra de la madera, proporcionando una mejor sujeción y evitando así que las dos maderas se despeguen. No obstante, su uso es recomendado solo en zonas en las que la madera no tenga que ser sujeta fuertemente contra su torsión, si esta es muy elevada, ya que los clavos no van a realizar tanta sujeción como los tornillos.



Ilustración 11: Clavos anillados. Fuente: internet

- **Tornillo cabeza redonda cuello cuadrado DIN-603:** Su uso se da por ejemplo en este caso, para la sujeción de la horca abatible con la caja de horca.



Ilustración 12: Tornillo DIN-603. Fuente: internet

### 3.2.1. Material de la tornillería

Existen varios tipos de materiales de los que se compone la tornillería, por lo que no se puede elegir cualquiera y más, tratándose de ambiente marino, que como bien se sabe, es altamente corrosivo.

- **Acero inoxidable:** Generalmente tiene una buena resistencia a la corrosión, no obstante, este tipo de material no es una buena opción debido a la corrosión galvánica generada en ambientes marinos.
- **Aluminio:** Dado su débil resistencia estructural y poco resistente a la corrosión, este material no es adecuado para la construcción de la estructura de la embarcación, por lo que no se tendrá en cuenta.
- **Latón:** Este material es considerado resistente a la corrosión, pero no en ambientes marinos.
- **Bronce y Monel:** Sin duda alguna, este material es la mejor opción, especialmente para zonas debajo de la línea de flotación. Mucha gente le parecerá una opción más cara, ciertamente lo es, pero si se quiere tener una embarcación duradera y evitar invertir en mayores mantenimientos en un futuro, esta, es la mejor opción. Hay diferentes tipos de bronce, sin embargo, los de bronce-silicio son la mejor opción para el ambiente marino. El Monel, aleación níquel-cobre de aproximadamente 2:1 de peso, es también otra opción ya que es resistente al ambiente marino.

### 3.3. Fibras y Resinas

Estos materiales combinados reciben el nombre de material compuesto, al igual que los tablones de contrachapado, que unidos obtienen unas propiedades mecánicas y químicas que individualmente no poseían. La resina recibe el nombre de matriz y la fibra refuerzo.

En la construcción naval, no solo se utilizan en la metodología de construcción de embarcaciones con materiales compuestos (fibra-resina) sino que también se usa para reforzar algunos materiales más débiles a golpes o ralladuras como el tablón de contrachapado, el cual es muy débil frente los golpes debido a su poca dureza. Con la aportación entonces, de esta capa de fibra + resina, se les otorga no solo resistencia a golpes, sino que también aporta protección contra la humedad y estanqueidad al casco.

Así que, si el forro se va a realizar con contrachapado marino, es muy recomendable brindarle una capa de dureza, la cual se consigue usando fibra y resina. Más adelante se verá el proceso de aplicación de la misma y cuales se deben elegir.

No obstante, en el caso en que se utilizara esta técnica de fibra-resina como material estructural, se debería tener en cuenta las direcciones de máxima sollicitación de esfuerzos, pues al tratarse de un material anisótropo, no responde igual en todas las direcciones. A continuación, se puede ver un diagrama de sollicitación de esfuerzos en las direcciones transversal y longitudinal de la fibra.

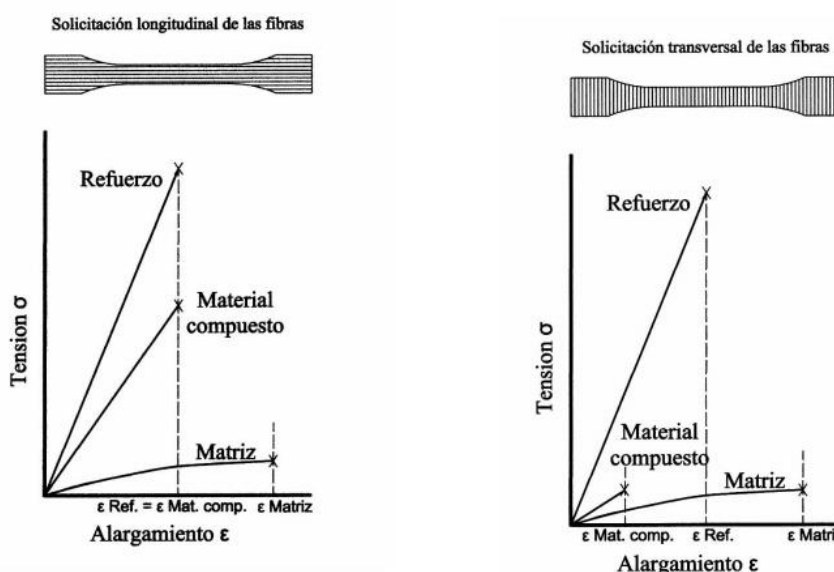


Ilustración 13: Diagrama Tensión - Alargamiento, de fibra – resina. Fuente: UPC

Como se puede ver en la imagen anterior, es muy importante la dirección en la que se coloque la fibra ya que, si se pone de manera errónea, en caso de que la estructura fuera de fibra resina, ésta fallaría.

Otro aspecto importante, es que la resina combinado con otro producto, se usa como un potente adhesivo para encolar la madera, que, junto con la tornillería, le otorga una estabilidad estructural extraordinaria al barco.



### 3.3.1. Fibras

#### 3.3.1.1. Estructuras textiles

Para facilitar el procesamiento de las fibras, éstas se configuran en ordenamientos planos, que se denominan estructuras textiles. Estas estructuras textiles se presentan bajo diversas configuraciones:

#### 3.3.1.2. Fieltros

Estructuras textiles de fibras de refuerzo que no poseen una orientación preferente, con una distribución intercalada y aleatoria. Para mantenerlas unidas antes de impregnarlas, se les aplica algún tipo de ligante, que por lo general, se determina en función del tipo de matriz a utilizar posteriormente (epoxi, poliéster-viniléster, etc.). Se consideran estructuras textiles bidimensionalmente isotrópicas, con resistencias y rigideces no demasiado elevadas. Para laminados en diferentes fases, se utilizan para mejorar la adherencia interlaminar entre capas de laminado sucesivas. A la mayoría de fieltros se los denomina comercialmente mats.

Hay otro tipo de filtro, que es el velo de superficie, de fibra de vidrio C (como se verá en el apartado de fibra de vidrio), que se coloca en contacto con el gelcoat exterior durante el proceso de laminación y tiene dos funciones:

- Brindar resistencia a la débil película de gelcoat, sobre todo cuando se producen solicitaciones.
- Brindar una barrera química frente al ambiente exterior.

A parte, también se puede destacar su aumento a la resistencia al impacto y a la abrasión de la superficie, y que evita que se marquen exteriormente los tejidos utilizados en laminado.



Ilustración 14: MATT. Fuente: internet

### 3.3.1.3. *Sistemas no mallados – Tejidos*

Son estructuras textiles en las cuales durante su fabricación (tejido) se cruzan diferentes fibras perpendicularmente, denominadas trama y urdimbre. Los hilos de urdimbre son aquellos que corren en el sentido longitudinal del rollo, y los de trama, los que atraviesan de forma perpendicular, dando lugar a puntos de entrecruzamiento denominados ligamentos.

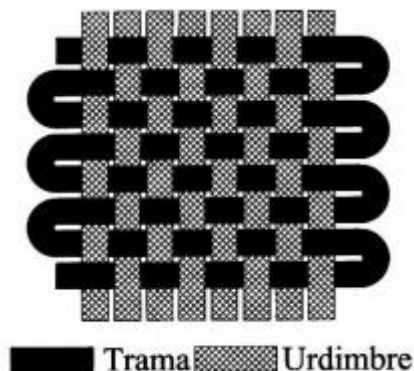


Ilustración 15: Estructura textil, tejido. Fuente: UPC



Ilustración 16: Estructura textil, tejido. Fuente: internet

Las direcciones resistentes se encuentran generalmente orientadas en las direcciones de trama y urdimbre ( $0^\circ$  y  $90^\circ$ ); son tejidos que se emplean mayoritariamente en laminados manuales, y son muy utilizados en la construcción naval.

### 3.3.1.4. *Sistemas no mallados - Ensamblados*

En este tipo de estructura textil, los hilos de trama y de urdimbre no se entrecruzan formando ligamentos. Las fibras paralelas se hallan superpuestas unas a otras con diferentes orientaciones. Para mantenerlas ligadas sin que se deformen, por lo general se encuentran cosidas mediante una fibra auxiliar ligera.

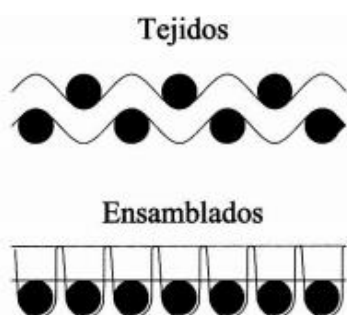


Ilustración 17: Estructura textil, ensamblado. Fuente: UPC



Ilustración 18: Estructura textil, ensamblado. Fuente: internet

Desde el punto de vista mecánico, presentan mejores propiedades que los fieltros y que los tejidos, por encontrarse el hilo trabajando completamente alineado con el sentido del esfuerzo. Son los ensamblados el tipo de estructura textil más utilizado en piezas de altos requerimientos estructurales, por lo que no se usan como elemento de protección anti-golpes/anti-ralladuras debido a que no se precisan requerimientos estructurales y debido a su diferencia de coste con el Tejido.

### 3.3.1.5. Tipos de Fibras

Existe una gran diversidad de fibras ya sean inorgánicas (Fibra de vidrio y Fibra de carbono) o sintéticas (Fibras aramídicas), todas ellas con características y aplicaciones diversas en distintos campos de la ingeniería. Todo y que como se verá a continuación, las más usadas en construcción amateur son las fibras de vidrio tipo E, por relación de buenas propiedades mecánicas y químicas con el precio. No obstante, se hará una breve descripción de cada una ya que, en menor medida debido a sus costes, también se pueden utilizar en construcción amateur.

### 3.3.1.6. Fibra de vidrio

Constituidas fundamentalmente por sílice, que se combina con diferentes óxidos (alúmina, alcalinos y alcalinotérreos), y que en función de sus respectivos porcentajes, permiten modificar las características de la fibra resultante. Poseen gran resistencia gracias a los enlaces covalentes entre el silicio y los radicales del oxígeno.



Ilustración 19: Fibra de vidrio. Fuente: internet

Tipos de fibra de vidrio:

- A (alcalino): posee buena resistencia al ataque de soluciones químicas y ácidas, producto de los elevados porcentajes de alcálisis que contiene.
- B (boro): excelentes propiedades eléctricas y gran durabilidad.
- C (chemical): posee una elevada resistencia química. Se utiliza en estructuras que se ven sometidas a atmósferas muy agresivas. Propiedades mecánicas entre el vidrio A y E. Aplicación en sectores químicos, alimenticios, etc.
- D (dieléctrico): debido a sus altas propiedades dieléctricas (pérdidas eléctricas muy débiles) se utiliza para componentes electrónicos y de telecomunicaciones.
- E (eléctrico): desarrollado principalmente para aplicaciones eléctricas, es el tipo de fibra de vidrio de coste más reducido. También se emplea en otras aplicaciones como en la construcción de barcos, y es la más utilizada en la fabricación de fibras continuas. Es básicamente un vidrio de borosilicato de calcio y aluminio con un contenido muy bajo o nulo de potasio y sodio. Posee una buena resistencia a la humedad.
- R o S (Resistance o strength): es el tipo de fibra de mayor resistencia. Su principal campo de aplicación se encuentra en los campos militares y aeroespaciales. Relación resistencia/peso superior al vidrio E. Ofrece mayor resistencia a la tracción y a la fatiga.

### 3.3.1.7. Fibras de Carbono

Existe diversidad de materiales que pueden ser utilizados como precursores de las fibras de carbono, como el poliacrilonitrilo (PAN), el alquitrán y la celulosa.



Ilustración 20: Fibra de carbono. Fuente: internet

Tipos de fibra de carbono:

- Fibras de alta tenacidad (HT): su resistencia y tenacidad es superior a las de las fibras de vidrio, pero inferior del resto de las fibras de carbono. Su coste es moderado, y son adecuadas en un campo de aplicación muy amplio.
- Fibras de alto módulo (HM): derivadas de las demandas de alta rigidez de piezas aeroespaciales y aeronáuticas, estas fibras presentan un módulo de elasticidad muy alto. Coste elevado, bajo alargamiento a la rotura y debido a las diferencias de potencial en contacto con los metales puede provocar corrosión del tipo galvánico
- Fibras de módulo intermedio (IM): solución de compromiso entre fibras HT y HM, es un tipo de fibra que mejora la resistencia, así como la rigidez.

### Fibras de Kevlar

Se considera al Kevlar, nombre comercial otorgado a las fibras aramídicas descubiertas por Du Pont en el año 1965 y comercializadas desde principios de los años setenta, como la fibra sintética más importante luego del Nylon. Su uso se concentra en los campos en los que se requiere alta resistencia a la tracción con bajo peso y elevada resistencia al impacto del material. Se encuentra ampliamente difundido en la industria aeronáutica, espacial, balística, y en menor medida en la industria naval para la fabricación de cascos de embarcaciones.



Ilustración 21: Fibra de kevlar. Fuente: internet

Tipos de fibra de kevlar:

- Kevlar 29: alta resistencia y baja densidad. Su uso fundamental se orienta a protección balística, confección de cuerdas y cables.
- Kevlar 49: alta resistencia, alto módulo y baja densidad. Es el tipo de fibra más apto para combinar con diferentes matrices en la confección de materiales compuestos. Esta variante comercial es la que se utiliza en la construcción naval.

### 3.3.2. Resinas

La resina o matriz constituyen junto con los elementos de refuerzo, los dos elementos básicos e indispensables del material compuesto. Sus funciones principales son:

- Transmitir los esfuerzos a las fibras de refuerzo a través de la interfaz (frontera entre fibra y matriz).
- Proteger a las fibras de los esfuerzos de compresión.
- Unen las diferentes fibras de refuerzo por medio de fuerzas adhesivas.
- Aseguran a las fibras de refuerzo de acuerdo al orden pre-establecido.
- Resguardan a las fibras de los ataques externos como humedad, ataque químico, etc.

#### 3.3.2.1. Proceso de curado

Es de suma importancia tener en cuenta este proceso a la hora de trabajar con resinas, ya que, si no se hace bien, todo el trabajo puede ser en vano.

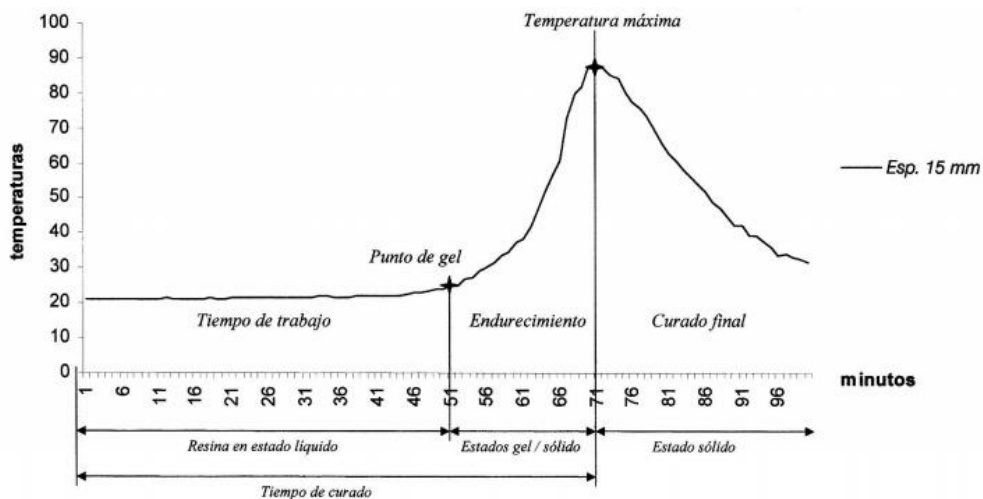


Ilustración 22: Gráfico, proceso de curado de una resina. Fuente: UPC

Los puntos a tener en cuenta son los especificados en el gráfico anterior y descritos a continuación:

- Punto de gel: es aquel que imposibilita seguir impregnando los refuerzos (fibras), por tanto, determina el tiempo de trabajo de la resina. Este punto viene determinado por el fabricante y puede variar según la temperatura, el espesor del laminado o el porcentaje de catalizador.

- Endurecimiento: a partir del punto de gel, empieza la fase de endurecimiento de la resina, este proceso genera calor de forma exotérmica, razón por la que se produce un aumento de temperatura en la mezcla. El tiempo que dura esta etapa y la temperatura máxima alcanzada viene determinada también por la temperatura ambiente, el espesor del laminado y el porcentaje de catalizador.
- Curado final: Una vez alcanzada la temperatura máxima, esta empieza a descender lentamente hasta alcanzar la temperatura ambiente. Esta etapa se conoce como curado final y la resina se presenta en un estado sólido. Este curado final puede acelerarse mediante la adición de temperatura al laminado una vez haya superado el pico exotérmico, conocido como proceso de post curado, la duración e intensidad dependerán de las características de la resina.
- También se puede curar a temperatura ambiente, proceso que se conoce como maduración del laminado.
- Como valor de aproximación, una resina de poliéster necesita al menos entre 24 y 48 horas a 20°C para alcanzar un grado de curado de 90%, hecho que permitirá poder trabajar con la fibra ya terminada. Sin embargo, el curado total (100%) no se producirá hasta lo largo de varias semanas o meses.

Siempre es conveniente laminar espesores reducidos para evitar elevados picos exotérmicos ya que la mala conductividad térmica de la resina no ayuda a disipar este calor de la reacción química. En el caso de construcción de madera, esto no va a afectar, ya que normalmente solo se usa una capa de fibra para proteger y dar estanqueidad al casco y algún otro elemento.

### 3.3.2.2. Tipos de resina

#### 3.3.2.2.1. Resina de Poliéster

En líneas generales presentan baja temperatura de transición vítrea, y su resistencia y rigidez no son muy elevadas. Durante el endurecimiento tienden a contraerse (entre el 6 y el 10%), siendo este uno de sus puntos débiles.

La viscosidad a temperatura ambiente, para resinas de laminados manuales, ronda los 300 cPs.

Tipos de resina de Poliéster:

- Ortoftálicas: constituyen las más frecuentes y las de menor coste entre las resinas de poliéster. Absorben hasta un 2.5% de agua en inmersiones prolongadas. De utilización general.
- Isoftálicas: tienen mejores propiedades mecánicas que las ortoftálicas, y mejor resistencia en ambientes marinos (menor absorción), aumenta la resistencia al agua. La mayoría de gel coats de uso naval se formulan en base isoftálica.
- Isoftálica NPG: mejor resistencia química que la resina isoftálica.
- Bisfenólica: tienen mejores propiedades mecánicas y químicas que las resinas ortoftálicas e isoftálicas, aunque un elevado coste. Es la resina más idónea entre las de poliéster para medios corrosivos.



#### **3.3.2.2.2. Resina de Viniléster**

Resina intermedia entre las resinas epoxis y las resinas poliéster. Heredan de las primeras sus buenas propiedades físico-químicas con ciclos de curado similares a las de poliéster, es decir, relativamente cortos. Las resinas viniléster poseen mejores propiedades mecánicas, químicas y térmicas que las de poliéster; poseen un alto grado de resiliencia, buena resistencia a la fatiga, y la contracción durante el curado es bastante menor que el de las resinas de poliéster (1%).

Las viscosidades son similares a las resinas de poliéster, lo que facilita la impregnación y manipulación durante el moldeo. Presentan también buena adhesión sobre las fibras de refuerzo, y buena resistencia al fuego, aunque no son auto extingüibles (puede obtenerse por modificaciones).

Su precio es aproximadamente un 1,5 a 2 veces el precio de las resinas de poliéster, siendo esta su principal desventaja.

#### **3.3.2.2.3. Resina de Epoxi**

Poseen las mejores propiedades mecánicas, una mayor resistencia térmica y una buena resistencia a la abrasión. Baja contracción durante el curado (0-1%), buenas propiedades eléctricas y térmicas, y buena resistencia al ataque de agentes químicos. Las propiedades mecánicas pueden modificarse por adición de sustancias inertes. Y la contracción puede anularse mediante aditivos o de una adecuada combinación con la fibra de refuerzo. También se pueden conseguir elongaciones superiores a las del poliéster mediante la utilización de aditivos. Poseen una baja absorción de agua, que las hace idóneas para estructuras marinas. Su principal inconveniente es su elevado coste.

La viscosidad de las resinas epoxi es muy elevada, hecho que dificulta su aplicación y procesado. Se pueden utilizar diluyentes, pero siempre bajo recomendación del fabricante.

### 3.4. Pinturas y barnices

Por último, se debe tener en cuenta, ya que es muy importante para alargar la vida de la embarcación, el tema de los acabados superficiales, estos son, pinturas y barnices.

Como bien se sabe, la madera es un material de origen orgánico compuesta fundamentalmente por lignina y celulosa, lo cual la hace ser un material estable ante procesos que, por ejemplo, los metales no aguantarían. No obstante, la madera puede verse atacada por otros seres vivos (xilófagos), compuestos químicos, atmosféricos o ser consumida por el fuego debido a su alto contenido en carbono, lo que la convierte en un buen combustible.

Por esta razón, será primordial tratar de mantener la madera seca y usar estas aplicaciones protectoras que proporcionan las pinturas y los barnices, para protegerlas de estos ataques, que a continuación se hace un resumen de como atacan/afectan estos agentes a la madera para saber a qué se enfrentará la embarcación.

- Agentes atmosféricos

Los principales agentes atmosféricos son el sol y la lluvia, afectando cada uno de la siguiente manera:

**Sol:** La radiación solar actúa principalmente a través de los rayos ultravioleta y de los rayos infrarrojos. Los ultravioleta no penetran profundamente en la madera, su acción se centra en la superficie de la madera provocando que se degrade la lignina, que se pierda cohesión entre las fibras, y que tome un color grisáceo.

Los rayos infrarrojos provocan un calentamiento de la zona donde inciden provocando la aparición de grietas en la superficie y la subida de resinas, debido al recalentamiento que producen.

**Lluvia:** La acción de la lluvia sobre la madera desnuda produce un efecto parecido pero inverso al de los rayos infrarrojos.

- Agentes xilófagos

Los principales agentes bióticos destructores de la madera pertenecen tanto al reino vegetal, como al reino animal.

**Hongos:** Los factores que tienen mayor influencia en el desarrollo de los hongos son la humedad, la temperatura y la presencia de aire (oxígeno). La humedad es de vital importancia para la fisiología de los hongos y es indispensable para la germinación de las esporas, la digestión de la madera por las enzimas, el transporte de las sustancias de alimentación y la realización de todas las funciones vitales. El estado óptimo de humedad para estos inquilinos se sitúa entre el 35 y el 50%, el límite inferior entre el 20% - 22% y el superior alrededor del 175%. Dentro de los hongos hay distintas variedades de ellos, pero no se entrará en profundizar más sobre ellos.



**Insectos:** Aquí ya entran una gran variedad de especies de insectos xilófagos en comparación con los hongos, así que se hace una tabla resumen para ver sus condiciones de vida idóneas.

Nombre científico	Nombre vulgar	Especie de madera	Contenido de humedad	Forma y tamaño del ataque - galerías	Serrín
Reticulitermes lucifugas	termitas (subterráneas)	frondosa y conífera	Húmeda > 18%	laminar 1 - 2 mm	-
Criptotermis brevis	termitas (de madera seca)	frondosa y conífera	Seca < 18%	laminar 1 - 2 mm	-
Cerambícidos	carcoma grande	conífera	8 - 40%	elípticas 3, 6 y 9 mm	basto
Líctidos	polilla	frondosa	Seca < 18%	circular 1 - 1,5 mm	muy fino
Anóbidos	carcoma	frondosa y conífera	cualquier contenido	circular 1 - 3 mm	granular
Curculionidos	gorgojo	frondosa y conífera	Húmeda > 18%	circular 1 - 2 mm	granular

Tabla 2: Insectos. Fuente: internet

Teniendo ahora ya, un ligero conocimiento sobre lo que se debe enfrentar la embarcación, se va a presentar qué tipo de elementos de protección existen.

#### 3.4.1. Pinturas

Existen diversos tipos de pinturas en función de su composición, cada una con sus pros y sus contras mostrados a continuación:

- Sintéticas: Pinturas a base resinas que contienen aceites secantes, generalmente su duración no es muy larga.
- Cloro caucho: Pinturas a base de caucho sintético clorado, de duración superior a las anteriores.
- Bituminosas: A base de breas, son de color negro u oscuro y se usan para las zonas sumergidas. Por lo general no tan recomendadas en zonas de obra viva, ya que como se ha visto, no interesa que la madera gane mucha temperatura y como bien se sabe los colores oscuros absorben más temperatura al no reflejar los rayos solares.
- Epoxi: Pinturas a base de resinas epoxi, excelente protección a la intemperie y en inmersión.
- Poliuretanos: A base de resinas de poliuretano, son las que mejor conservan el color y el brillo y poseen una gran resistencia a la intemperie.

#### 3.4.1.1. Pinturas Anti Incrustantes

Se conocen también como "Antifouling". Están formuladas para aplicarse sobre los fondos de los buques y embarcaciones de todo tipo: a brocha, a rodillo o pistola. Al secar forman una película homogénea y bien adherida al sustrato, una vez sumergida, ésta pintura se reblandece, absorbe agua y se solubiliza parcialmente, liberando así los productos biológicamente activos que contienen y van envolviendo el casco en un manto que impide la fijación de los organismos marinos. En el apartado de mantenimiento, se va a ver que existen otras opciones para no tener que pintar el casco con estas pinturas que contienen biocidas.

Existen 4 variedades de pinturas anti incrustantes, según el uso que se le vaya a dar a la embarcación:

- Autopulimentables: El antiincrustante es soluble parcialmente, la capa de pintura actúa y se va gastando de forma homogénea. Este tipo de Antifoulinges adecuado para veleros y motoras de cierto tamaño.
- Matriz dura: Después de su aplicación, la capa de pintura se seca, transformándose en una superficie dura y porosa. La pintura contiene biocidas que actúan por contacto con el agua impidiendo el crecimiento de incrustaciones. Esta pintura es recomendable para embarcaciones rápidas a motor, además de para aquellas que se hallen en zonas afectadas por las mareas y fondos lodosos.  
En este tipo de pinturas es muy recomendable quitar la capa de anti incrustante antes de aplicar una nueva, pues de lo contrario se van formando estratos de una capa gruesa como el resultado de sucesivas aplicaciones anuales.
- Autopulimentables tipo SPC: Para este tipos de pintura, una vez en contacto con el agua salada, el cloruro de sodio rompe la unión entre el polímero y el cobre, creando un polímero acrílico ácido. El polímero ácido sólo se crea en la superficie, no en todo el espesor de capa. La reacción en la superficie se produce de forma constante, recreando en ésta el polímero ácido, el biocida se va liberando de forma controlada y el polímero ácido se disuelve en el agua.  
Este tipo de anti incrustante es ideal para aquellas embarcaciones que pasan la mayor parte de su tiempo atracado, pues este tipo de pintura auto pulimenta con el barco parado. No es recomendable su uso en aguas dulces.
- Antifoulings sin biocidas (Intersleek). Intersleek es un revestimiento de fluoropolímero, que no libera ningún tipo de biocidas. Se basa en lo que se conoce como superficie de baja energía. Las incrustaciones no se pueden agarrar a la superficie de modo que se pueden quitar fácilmente con la mano, utilizando esponjas, cepillos de cerdas suaves o cualquier método no agresivo. Si se toca, tiene la apariencia y el tacto de la piel de un delfín. Se puede utilizar tanto en veleros como en motoras, reduciendo el coeficiente de rozamiento y disminuyendo el consumo de combustible, pero la embarcación se debe utilizar de forma continuada o ha de pasar limpiezas submarinas periódicas. Es la opción del futuro para las personas concienciadas que deseen cuidar y mantener el medio ambiente. No es recomendable para embarcaciones con poca actividad ni para zonas de agua dulce.

### 3.4.2. Barnices

El barniz es uno de los recubrimientos que otorga belleza a las maderas, realzando sus vetas naturales y su color. Además las protege del sol, el agua, la suciedad, los insectos y los hongos que las ataquen. Su acabado puede ser brillante, satinado o mate, cada uno es escogido de acuerdo a la necesidad o estilo que deseemos obtener.

Existen 3 tipos de barnices:

- Mono componentes: más flexibles pero de más fácil abrasión. Al ser flexibles es recomendable su uso en aquellas zonas de la embarcación donde por efectos del calor, la madera va a sufrir dilataciones.
- Bicomponentes: más resistentes pero más rígidos. Al ser más rígidos se tendrá que tener en cuenta lo comentado en el punto anterior.
- Aceites o barnices de poro semiabierto: los aceites proporcionan protección contra la humedad y el sol igual que los barnices pero su acabado no es tan atractivo. Se utiliza cuando la superficie a proteger no va a estar sometida a roce constante.

Luego también existen otros tipos de aceites, aceites de Teka, especiales para proteger maderas tropicales como la Teka, Iroko o Bolondo.

### 3.5. ¿Qué material se debe escoger?

Una vez vistos todo el vano de materiales aplicables a la embarcación, se debe tomar la decisión de cuáles van a ser los que se utilizarán para la construcción de la misma. Para ello, se tendrán en cuenta factores de calidad, precio y estructurales. En cuanto a la cantidad, se tendrá en cuenta en el apartado de “Estudio económico” con la ayuda de “*Análisis 3D de material necesario*” este último solo para ver la cantidad de madera necesaria y luego ajustarla con la realidad mediante comparación de las facturas vigentes.

#### 3.5.1. Madera

##### 3.5.1.1. Estructura

Para la estructura, es imprescindible que la madera tenga una alta resistencia ya que será la encargada de recibir todos los impactos y comportamiento de la mar. Así entonces, y como se ha visto anteriormente, se deben escoger maderas de tipo de árbol duro o angiospermo. Algunas de estas maderas ideales para la estructura son el roble blanco americano, iroko.

##### 3.5.1.2. Forro, cubierta y planes de bodega

Para el forro, dependiendo del método, se pueden usar tablas de contrachapado marino (muy importante la calidad), o tablones de madera dura y flexible ya que el diseño del barco contiene curvaturas.

Otro aspecto muy importante es que los tablones no pueden contener nudos, ya que sería un punto débil en la estructura a nivel de esfuerzos y estanqueidad.

A continuación se adjunta una tabla de aplicación de las diferentes especies de maderas:

	Arboladura	Bancos, suelos	Cinta alta, regala	Cuadernas combadas	Cuadernas laminadas	Esqueleto encolado, quilla,	Listones de forro	Piezas resistentes o de bancos	Remos
Abeto	X								X
Acacia				X	O			O	
Alerce			O			O	O		
Caoba Africana		X	X			O	X		
Cedro Rojo							O		
Fresno				O	O			O	O
Pinabete		O					X		
Pino Albar		X					X		
Pino de Oregón	O	X	X	X		X	X		X
Roble			X		X			X	
Sapeli			X	X	X	X	O	X	
Sipo				O		O	O		

Tabla 3: Maderas según el uso. Fuente: Vivier, Francois. *Construcción de madera. Las técnicas modernas*.

### 3.5.1.3. Banco de construcción

Este es un tema que no se ha abordado todavía, ya que se ve más adelante en el apartado de construcción de la embarcación, no obstante, es necesario tenerlo en cuenta ya que, sin este material, no se puede construir la embarcación.

El banco de construcción es un elemento estructural estático, el cual las cuadernas de la embarcación, boca abajo, se van apoyar sobre él, y a partir de allí se ira construyendo el casco del barco, para cuando éste esté acabado, se le da la vuelta, se extrae el banco de construcción y se procesa el interior de la embarcación, cubierta, cabina...

Está madera, al no formar parte estructural del barco, no requiere gran resistencia, sino la de soportar temporalmente la estructura, así que se puede realizar con madera blanda de pino sin importar si tiene nudos, el único requisito importantísimo, es que los tablones estén perfectamente rectos y no tengan doblez, pues las cuadernas se van a apoyar en él. Por lo que, si no están perfectamente rectas, la geometría del barco puede quedar asimétrica, afectando a la estabilidad y navegabilidad de la embarcación.

### 3.5.2. Resina

Para realizar la capa de fibra de vidrio de protección, se puede utilizar cualquier de las 3 tipos de resina nombrados anteriormente, aunque lo más recomendable es utilizar resina epoxi, aunque más cara se justifica su uso por más de una razón.

La primera, es que no se necesita mucha cantidad ya que el casco entero no es solo de fibra de vidrio sino que solo se va a colocar una capa de protección.

La segunda, es que para encolar las diferentes partes, la resina epoxi es la mejor opción que junto con el catalizador y otro producto (sílice coloidal) son la base del adhesivo para ensamblar las piezas de madera.

Un buen ejemplo para este tipo de sistema de resina epoxi + catalizador son los de West System, que venden sus productos en packs para hacer las mezclas adecuadamente. En la siguiente imagen se puede ver la resina epoxi “EPOXY RESIN” y el catalizador “HARDENER”.



Ilustración 23: Resina + Catalizador. Fuente: internet

Adicionalmente, también venden la sílica coloidal “COLLOIDAL SILICA” que es nombrado como “FILLERS”. Lo que se consigue con este producto es una mayor densidad de producto que permite rellenar espacios entre la madera al ser pegada, favoreciendo su resistencia.



Il·lustració 24: Espesante. Fuente: internet

### 3.5.3. Fibra

Como la construcción de la embarcación va a ser de madera, se precisará poca fibra, y solo para proteger el casco de golpes y ralladuras, es decir, no precisará requisitos estructurales. A parte de esto, no se va a usar fibra de carbono ni de kevlar, debido a su elevado precio y poca importancia para la embarcación en cuestión, pues el carbono y kevlar solo tendría su razón de uso en embarcaciones de competición, donde el coste no es un factor decisivo, sino el peso. Además, que tampoco se haría una embarcación de madera para competiciones sino las clásicas y estas no tienen ningún tipo de fibra.

Como tampoco se precisan requisitos estructurales, se va a optar por la estructura tipo textil en vez de ensamblado por su diferencia de precio.

Dicho esto, las características que se van a buscar al comprar la fibra deben ser las siguientes:

Tipo de fibra	Fibra de vidrio
Subdivisión	Tipo E
Estructura textil	Tejido
Uso	Protección casco, cubierta y cabina

Tabla 4: Fibra de vidrio. Fuente: propia

Como también se ha podido comprobar en el apartado de estructura textil, es importante la colocación del velo de superficie, por las razones explicadas en el mismo apartado. Así que, también se debe tener en cuenta el siguiente material:

Tipo de fibra	Fibra de vidrio
Subdivisión	Tipo C
Estructura textil	Mat (velo de superficie)
Uso	Protección casco, cubierta y cabina

Tabla 5: Fibra de vidrio. Fuente: propia

#### 3.5.4. Tornillería

Como ya se ha visto, los tornillos / clavos más resistentes y aptos para la construcción de la embarcación y resistentes en ambientes marinos serán los de bronce-silicio o Monel.

En cuanto a clavos, se deben escoger los nombrados anteriormente, los de tipo anillado, pues proporcionan un mayor agarre entre piezas.

#### 3.5.5. Pinturas y barnices

Para terminar con la elección de los materiales, quedan las pinturas y barnices, y como se ha visto, existen varios tipos que elegir.

La mejor elección para las pinturas es sin duda las de base de poliuretano, pues conservan un buen acabado y son resistentes a la intemperie, más baratas y con un mejor acabado con las resinas epoxi. Otra opción que se puede ser buena son las bituminosas, pero solo para la parte de la obra viva, ya que en la obra muerta absorbería demasiada temperatura.

No debe se debe descuidar que la zona de la obra viva, no solo puede ir con pintura “normal”, se la debe proteger con algún método anti incrustante. En el apartado de “mantenimiento”, “obra viva” se dan a conocer los diversos métodos para proteger la obra viva de la embarcación ante los organismos marinos.

En cuanto a los barnices, es una buena opción escoger aceites para zonas de poco rozamiento como el cintón de la regala u otros detalles, y barnices para las zonas con rozamiento y que no vayan a ser pintadas, y como se debe recordar, mono componentes para zonas que vayan a sufrir dilataciones térmicas. Una buena opción para no tener que distinguir entre zonas de pocas o muchas dilataciones es solo poner barniz mono componente y realizar el mantenimiento adecuado, pues estos suelen durar menos que los bicomponentes.



#### 4. Análisis 3D de material necesario

Una vez se tiene conocimiento de cada tipo de material que va a formar parte de la embarcación, se procede a realizar un modelado 3D para obtener una idea del volumen de material que se va a necesitar para la construcción de la embarcación y así poder ver de forma general como se estructura la embarcación, lo que ayudará en la etapa de construcción. Para tal estudio, se va a dividir el análisis en estructura principal, forro y cubierta, tal y como se ha hecho en el apartado de estructura. El modelado 3D también se va a utilizar más adelante para mostrar detalles de construcción y ensamblaje.

Los resultados de cantidades y precios de este apartado se materializan en el apartado de “estudio económico”.

El resultado 3D de la embarcación utilizada para calcular la cantidad de madera necesaria es el siguiente.

- Estructura

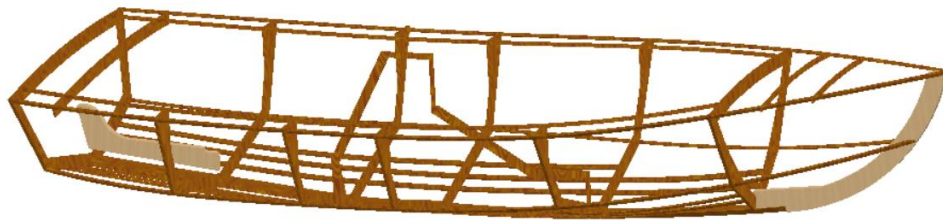


Ilustración 25: Estructura. Fuente: propia

- Forro y cubierta

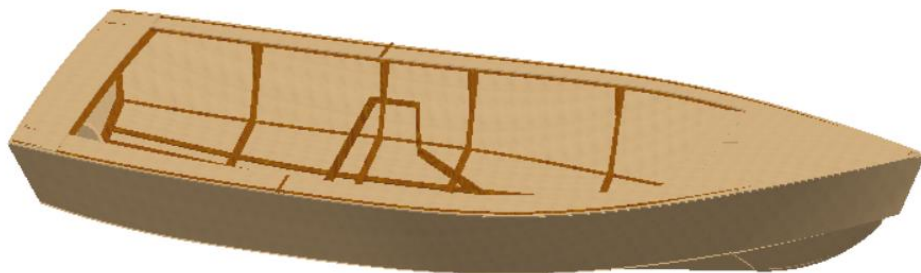
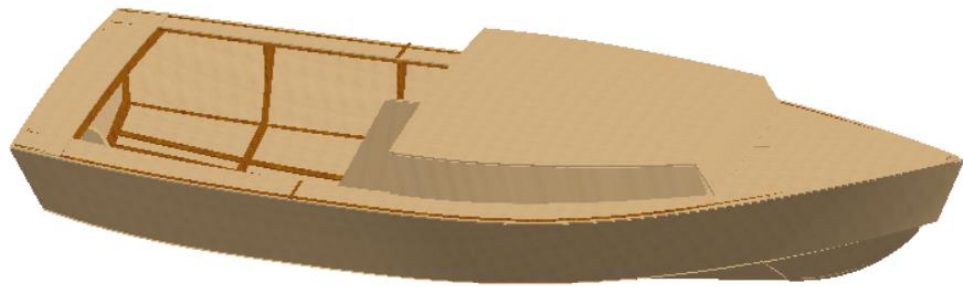


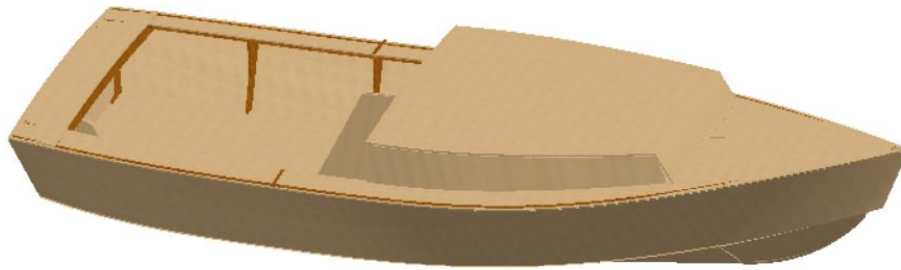
Ilustración 26: Forro. Fuente: propia

- Cabina



Il·lustració 27: Cabina. Fuente: propia

- Suelo



Il·lustració 28: Plan. Fuente: propia

## 5. Condiciones del astillero

En este apartado, no se hablará sobre qué es un astillero, que contiene, ni su historia, sino que se comentará las mínimas condiciones que debe cumplir, para poder construir la embarcación.

Son varios los aspectos a tener en cuenta en la elección del astillero (lugar de construcción), y no solo la geometría del espacio, como se puede creer, así que, a continuación, se nombrarán los aspectos a tener en cuenta y se hablará de ellos.

### 5.1. Condiciones meteorológicas y condiciones físicas

Es importante que el suelo esté nivelado (completamente horizontal), o en el caso de no tener suelo de obra, que el banco de construcción lo esté. Este segundo caso, sería el de construcción en un jardín/espacio abierto, en el que se construirían unos bloques de hormigón enterrados a nivel de suelo, en donde se atornillaría el banco de construcción.

En el primer caso se trataría de un garaje o nave con lo que no sería necesario ninguna otra estructura, en el segundo caso, sin embargo, al ser al aire libre, sería necesario montar una carpa, para mantener las condiciones ideales de trabajo si se desea construir durante todas las estaciones del año, o en el caso de un país con condiciones meteorológicas adversas, para poder construir.

El aspecto más importante de esta condición es que las resinas deben trabajar en unas ciertas condiciones de humedad y temperatura, ya que, si no, tal y como se ha visto en el apartado de resinas, con temperaturas demasiado elevadas, pueden alcanzar el punto de gel antes de lo deseado, haciendo imposible trabajar con ellas y, por el contrario, con temperaturas demasiado bajas puede llegar a alargarse considerablemente el tiempo de curado y aumentar la viscosidad. Como referencia, no se debe trabajar a menos de 10°C ni a más de 35°C. En cuanto al porcentaje de humedad relativa, el máximo para trabajar con resinas epoxi, es de 70-75%. Se estima que las condiciones ideales de aplicación son de 20°C y 60% de humedad relativa, por lo que se buscará tener estas condiciones de trabajo cuando se deba trabajar con resinas.

Otro aspecto que considerar, no menos importante, son las condiciones meteorológicas para el trabajador, siendo la temperatura y humedad ideal de trabajo de 20 a 24°C y 40 a 50% respectivamente, permitiendo así mejorar el rendimiento y reduciendo la fatiga.

## 5.2. Condiciones ergonómicas

Como mínimo, el espacio de construcción deberá tener el espacio de un metro de longitud en cada lado que forma el rectángulo de la embarcación para permitir el movimiento libre del trabajador, siendo necesario un espacio abierto para poder entrar el largo material de construcción como pueden ser los largos trancaniles o la quilla, por ejemplo. Una zona ideal abierta sería donde vaya situada la popa.

El casco de la embarcación estará situado en el banco de trabajo, a una altura que agilice las tareas de construcción y dejando espacio suficiente en la zona interior para poder acceder al banco de trabajo, para posteriormente poder desatornillar el barco del banco (cuando esté boca abajo).

No será necesario el uso de grúas puente para el movimiento de piezas ya que el peso de ellas es liviano, pero sí pudiendo ser necesario la ayuda de otra persona en algunos casos de construcción, al tener que girar el casco o al mover la orza abatible (todo y que para facilitar la introducción de la orza en la caja de orza una grúa puede facilitar la tarea, se verá más adelante).

## 5.3. Maniobrabilidad de la embarcación

Por último, es muy importante, saber cómo se va a proceder a extraer la embarcación de su lugar la construcción, y si esto es viable. Pues no se puede construir en un espacio donde su acceso a la calle sea reducido o de calles de difícil maniobrabilidad. Se debe pensar también en que se va a necesitar espacio suficiente para voltear la embarcación 180º respecto el plano de crujía, esto es, cuando se haya terminado el casco (ya que se construye boca abajo) y se tenga que voltear para trabajar su interior. Destacar también con esto, que también se debe pensar donde va a hibernar la embarcación, si lo hace. Pues la opción de hibernar en su propio jardín, es una perfecta opción para poder realizar el mantenimiento con calma al no haber de estar pagando una zona de dique seco y tener que hacerlo rápidamente.

## 6. Herramientas y Equipo de protección

Este apartado se divide en tres, por una parte, las herramientas a usar según el proceso de fabricación, por otra parte, la calidad de la herramienta a usar, ya que, por ejemplo, no es lo mismo cortar madera blanda que madera dura. Y para finalizar se hablarán de EPIs (Equipos de Protección Individuales).

### 6.1. Herramientas

Los procesos, se van a distinguir según la naturaleza de la acción a realizar. Se distinguirán entre: herramientas de corte, herramientas de percusión, herramientas abrasivas, herramientas de cizalladura, herramientas de sujeción, herramientas para atornillar y desatornillar, herramientas de taladrar, herramientas de pintura, herramientas de medida y otros.

Decir también que se podría hacer distinción para distintos bolsillos, pues, aunque más tedioso y quizás hasta doloroso se puede construir una embarcación de madera de hasta 18 pies (5,5 metros) perfectamente con herramientas puramente manuales y así ahorrar dinero en herramientas eléctricas. En el apartado económico de herramientas y equipo, se hablará sobre ello. No obstante, a continuación, se hablará de las herramientas a utilizar, lo que sería ideal relación precio-tiempo-agilidad.

#### 6.1.1. Abrasivas

Se van a utilizar a lo largo de todo el proceso de construcción, ya sea tanto para madera como para la fibra de vidrio. Al igual que las herramientas de corte, existen para diferentes tipos de materiales y de diferente tamaño de grano / cuchilla, para diferentes acabados superficiales.

Como mínimo se van a necesitar las siguientes herramientas de abrasión:

- **Lijadora eléctrica:** será la que más se va a utilizar durante toda la construcción. Las hojas de abrasivo de esta máquina vienen a parte y existen hojas para toda clase de materiales, así que se tendrá que tener en cuenta que hoja se compra y que acabado se le quiere dar al lijado.



Ilustración 29: Lijadora eléctrica.  
Fuente: internet

- **Lijas de diferentes hojas:** Necesarias para lugares poco accesibles para la máquina.



Ilustración 30: Lija manual.  
Fuente: internet

- **Cepillo eléctrico:** Muy útil en operaciones donde la superficie a rebajar sea de más espesor y superficie.



Ilustración 31: Cepillo eléctrico.  
Fuente: internet

- **Cepillos manuales:** Se deberían tener para distintos grados de rebajado, más tedioso de usar que el cepillo eléctrico pero útil en algunas aplicaciones que se verán más adelante.



Ilustración 32: Cepillo manual.  
Fuente: internet

#### 6.1.2. Atornillar y desatornillar

Se van a utilizar a lo largo de todo el proceso de construcción. A diferencia de las herramientas de corte y abrasivas, éstas no tienen secreto, solo se tiene que tener en cuenta que la punta de la herramienta coincida en geometría y tamaño con la cabeza de los tornillos. Los tipos de cabeza más usuales son el Philips y el de estrella, aunque también puede encontrarse tipo Torx, Pozidriv o Allen y de tamaños de 6, 8, 10 y 12.

Como mínimo se van a necesitar las siguientes herramientas atornillar y desatornillar:

- **Destornillador eléctrico:** Será el más recomendado para el uso durante toda la construcción ya sirve para ahorrar tiempo y dolor de muñecas, no obstante, es recomendable realizar el apretado final del tornillo con un destornillador manual, ya que se tiene más tacto del par de apriete que se vaya a realizar y es menos probable que se le escape a uno la punta de la



Ilustración 33: Destornillador eléctrico. Fuente: internet

herramienta, dañando así la superficie de madera. Además, esta herramienta tiene otra ventaja, y es que según qué modelos (los potentes), se puede usar como taladro.

- **Destornillador manual:** Como se ha dicho anteriormente es útil tener destornilladores manuales para ajustes finales. A parte de que, en alguna ocasión, pueden ser necesarios para zonas no accesibles con el destornillador eléctrico (raramente). Todo y que hay quien los prefiere de los de la vieja escuela, existen unos destornilladores manuales a modo de carraca (tal y como se ve en la imagen adjunta), muy prácticos ya que dan más rapidez de uso al usuario.



Ilustración 34: Destornillador.  
Fuente: internet

### 6.1.3. Cizalladura / Alicates

Como mínimo se necesitarán las siguientes herramientas:

- **Alicates universales:** Uso muy práctico por ejemplo para sujetar los tornillos al clavarlos, para mantener su dirección y no lastimarse los dedos.



Ilustración 35: Alicates universales.  
Fuente: internet

### Corte

Se van a utilizar a lo largo de todo el proceso de construcción, principalmente para corte de madera ya sea dura o blanda. Es muy importante disponer de varias herramientas de corte diferentes, ya sean manuales o eléctricas, predominando estas últimas por encima de todo, pues van a ahorrar periodos de descanso por fatiga, aunque a un costo más alto para sus bolsillos.

Como mínimo se van a necesitar las siguientes herramientas de corte:

- **Sierra de calar:** será la que más se va a utilizar durante toda la construcción, todo y que lo ideal, pero con un precio más elevado serían sierras multifuncionales. Las hojas de corte de estas herramientas vienen a parte y existen hojas para toda clase de materiales, así que se tendrá que tener en cuenta que hoja se compra y que acabado se le quiere dar al corte.



Ilustración 36: Sierra de calar.  
Fuente: internet



- **Sierra de punta:** Muy útil para zonas en las que una sierra de trasdós no podría llegar a cortar debido a que su brazo se lo impediría.



Ilustración 37: Sierra de punta. Fuente: internet

- **Sierra para metales:** Para procesos donde se tenga que cortar alguna pieza metálica como algún tornillo de cadente que sobresalga por debajo de cubierta o algún otro ejemplo.



Ilustración 38: Sierra para metales. Fuente: internet

- **Sierra de trasdós:** Normalmente para cortes con útiles tipo cajas de inglete.



Ilustración 39: Sierra de trasdós. Fuente: internet

- **Caja de inglete:** Útil necesario, sobre todo si no se dispone de una máquina sierra multifuncional, para realizar cortes de listones o tabloncillos con ángulo.



Ilustración 40: Caja de inglete. Fuente: internet

Se deberá disponer de hojas de repuesto en las sierras que posean hojas intercambiables.

Todo y que lo ideal, como se muestra anteriormente y se menciona en algunos libros, sería tener una máquina sierra multifuncional, que va a permitir realizar cortes más precisos, de formas diversas y con mucha más rapidez. Esto sí, este tipo de herramienta es recomendable si se prevé realizar más de una embarcación ya que los costes ya se disparan.



- **Máquina sierra multifuncional:**

Ilustración 41: Sierra multifuncional. Fuente: internet



#### 6.1.4. Medida

Son un elemento muy importante, ya que, si no se usan adecuadamente y en algunos casos con la precisión adecuada, se puede ver afectada la estabilidad (debido a un error en la geometría) o estanqueidad del barco por no haber tomado las medidas correctamente.

- **Chocla:** Para realizar líneas rectas y comprobar ángulos con el nivel.



Ilustración 42: Chocla. Fuente: internet

- **Compas:** Para trazar pequeñas distancias o ángulos al dibujar las cuadernas
- **Escuadra:** Para comprobar ángulos



Ilustración 43: Compás. Fuente: internet

- **Flexómetro:** Herramienta para medir distancias, aunque a veces es más útil una regla desplegable para mayor precisión.



Ilustración 44: Flexómetro. Fuente: internet

- **Nivel:** Para comprobar horizontalidad o perpendicularidad principalmente.



Ilustración 45: Nivel. Fuente: internet

- **Plomada:** Esta herramienta se utiliza para calcular la línea vertical, pues su uso es muy simple, se cuelga de una cuerda y sometido a la fuerza de la gravedad apunta hacia la vertical.



Ilustración 46: Plomada.  
Fuente: internet

- **Transportador de ángulo:** Para calcular ángulos, útil al dibujar las cuadernas y otros elementos, pero también para comprobar la posición de los diferentes elementos antes de ensamblarlos.

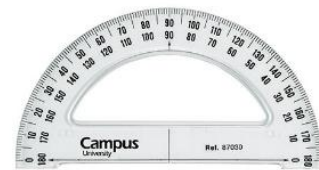


Ilustración 47: Transportador de ángulo. Fuente: internet

#### 6.1.5. Percusión

Se van a utilizar sobre todo en la construcción del casco, ya que para otras partes se usan los tornillos, no obstante, ya se verá más adelante cuando se va a utilizar esta herramienta.

Como mínimo se van a necesitar las siguientes herramientas atornillar y desatornillar:

- **Martillo de uña:** Ideal trabajo en general con clavos y para extraerlos en caso de que éstos entren torcidos o se doblen.



Ilustración 48: Martillo de uña.  
Fuente: internet

- **Maza de nylon:** Ideal para trabajar el acabado de penetración del clavo en zonas delicadas como en trabajo con madera blanda. Su superficie blanda (normalmente de nylon) evita las marcas de golpes. Todo y que para más precisión también se puede trabajar con el martillo de uña y un vástago metálico para el acabado.



Ilustración 49: Martillo de nylon. Fuente: internet

#### 6.1.6. Pinturas y barnices

- **Rodillos:** Se necesitarán varios rodillos para el proceso de pintura y extensión de la resina.



Ilustración 50: Rodillo. Fuente: internet

- **Rodillo metálico:** Excelente herramienta para desburbujar la fibra de vidrio.



Ilustración 51: Rodillo metálico. Fuente: internet

- **Brochas:** Se necesitarán varias brochas para extender las pinturas y barnices.



Ilustración 52: Brocha. Fuente: internet

- **Bandejas:** Serán necesarias varias bandejas para realizar las mezclas de resinas epoxi con sus aditivos usados como pegamentos, también para pinturas.



Ilustración 53: Bandeja. Fuente: internet

### 6.1.7. Sujeción

Herramientas importantes para la construcción de la embarcación, pues van a proporcionar una ayuda indispensable tanto al ensamblaje como al corte. Existen varios modelos de herramientas de sujeción cada cual, para un fin diferente, a continuación, se muestran los más usuales a utilizar en la construcción de la embarcación, no obstante, uno puede considerar adquirir otros modelos según convenga.

Como mínimo se van a necesitar las siguientes herramientas de sujeción:

- **Tornillo de banco:** Necesario para la sujeción en el corte de cualquier material, como mínimo se va a necesitar uno, todo y que algún proceso sea más ágil con dos tornillos de banco.



Ilustración 54: Tornillo de banco. Fuente: internet

- **Sargentos:** posiblemente, el elemento más necesario de sujeción, ya que se va a haber que pelear a menudo con aguantar una madera doblada a las formas del casco a la vez que se encola la pieza y se clavan los clavos. Como mínimo se necesitará un juego de 30 sargentos. A parte, también va a ser útil en aquellos cortes en los que el tornillo de banco no tenga alcance. Hay que tener en cuenta también, que los hay de varios tamaños, el idóneo en este caso sería que no excediese de 30cm y no menor de 10 cm.



Ilustración 55: Sargento. Fuente: internet

- **Mordazas:** Otros elementos muy útiles también para espacios más reducidos en donde el brazo del sargento sea un problema. Se necesitarán también un juego de 10 para empezar.



Ilustración 56: Mordaza. Fuente: internet

#### 6.1.8. Taladrar

- **Taladro:** Herramienta útil para hacer el agujero previo al tornillo o clavo, siempre de menor tamaño al del tornillo/clavo. Como se ha dicho antes, se puede aprovechar la máquina eléctrica destornillador ya que casi siempre cumple con las expectativas de potencia, no obstante, puede ser que en alguna ocasión especial necesitemos más potencia y se tenga que hacer uso de una herramienta pensada únicamente para taladrar. Así que ésta es una herramienta que se puede ahorrar y adquirir en el caso que se necesite en algún proceso no previsto en la teoría. En la mayoría de procesos esta máquina puede ser demasiado potente y no dar la precisión adecuada, así que es preferible usar el destornillador eléctrico (que sea potente) a modo de taladro.
- **Juego de brocas de madera:** Es importante tener un buen juego de brocas para madera para los diferentes agujeros que se vayan a practicar. Es muy fácil diferenciar una broca de madera de una para hormigón o metal, pues las de madera tienen la peculiar característica de tener un punzón en el extremo en el centro y los acabados de sus “roscas” son también puntiagudos.



Ilustración 57: Taladro. Fuente: internet



Ilustración 58: Brocas de madera. Fuente: internet

- **Broca de avellanar:** Sirven para hacer un agujero con cierto ángulo para poder acomodar la cabeza de los tornillos avellanados y así conseguir una superficie continua en la madera.
- **Corona:** Sirve para practicar agujeros de grandes tamaños, como por ejemplo un agujero para, posteriormente, colgar un pasamuros.



Ilustración 59: Broca de avellanar. Fuente: internet



Ilustración 60: Corona. Fuente: internet

## 6.2. EPIs

Las EPIs o equipo de protección individual son necesarios también en la construcción amateur de embarcaciones de madera. Los elementos imprescindibles son los siguientes:

- **Gafas de seguridad:** Para prevenir la entrada de polvo o partículas de madera en los ojos.



Ilustración 61: Gafas de protección. Fuente: internet

- **Guantes de manipulación:** Para evitar ampollas o clavarse astillas con el trabajo de la madera.



Ilustración 62: Guantes de manipulación. Fuente: internet

- **Guantes de seguridad:** Más aconsejables en cuanto se proceda al corte de la madera ya que tienen mayor protección frente a cortes, a diferencia de los anteriores que son más idóneos en cuanto a la manipulación de la madera.



Ilustración 63: Guantes de seguridad. Fuente: internet

- **Zapatos de seguridad:** Estos zapatos incorporan una protección en la parte de los dedos en forma de puntera metálica que proporcionan protección de los dedos frente al impacto dinámico con energía equivalente de 100J en el momento del impacto, y frente a una compresión estática bajo una carga de 10kN.



Ilustración 64: Zapatos de seguridad. Fuente: internet

- **Mascarilla:** Para no respirar el polvo producido por la madera, pero sobre todo es importante llevarla cuando se trabaje con las resinas ya que sus disolventes son tóxicos. Existen muchos tipos de mascarillas, para trabajo con madera con una mascarilla de protección sería suficiente. Para trabajar con resinas y pinturas ya es necesario el uso de una máscara auto filtrante. A continuación, se pueden ver dos ejemplos.



Ilustración 65: Mascarilla.  
Fuente: internet



Ilustración 66: Mascarilla.  
Fuente: internet



## 7. Proceso de construcción

Antes, pero también durante el proceso de construcción, se van a recordar algunos trucos/normas importantes que van a facilitar el proceso de construcción, siendo incluso algunos necesarios para poder realizar la construcción sin dañar algunas partes.

- **Clavos:** Es importante saber, que antes de clavar el clavo, se debe practicar a la madera, en la zona donde se vaya a ubicar el clavo, un agujero previo de diametro aproximadamente entre 50% o 70% menor que el diametro del clavo y de profundidad de 80% del clavo, ya que si esta medida no es practicada, la madera se puede quebrar.
- **Tornillos:** Se aplicará lo mismo que en el caso de los clavos.

Para mostrar el proceso de construcción, se ha decidido dividir el proceso de construcción en diversas etapas que ayuden a definir las cargas de trabajo.

### 7.1. Banco de construcción

El primer paso para poder llevar a cabo el proceso de construcción es construir la estructura de montaje, sobre el que reposara la estructura, más concretamente las cuadernas.

Para ello, se ha usado madera blanda de pino, teniendo en cuenta que la calidad de la misma tiene que ser que esté cortada lo más recta posible, pues de esta rectitud dependerá la buena geometría de la embarcación. Para ello, se deberá hablar con el proveedor adecuado que pueda proveer de este material adecuadamente cortado. Por el contrario, uno no se deberá de preocupar si la madera para esta estructura tiene nudos.

En cuanto a los elementos de unión, se utilizarán tornillos de calidad cualquiera, pasantes y/o no pasantes. Para saber la posición de los travesaños, se usan los planos de posición de cuadernas, muy importante recordar que los planos no están en el sistema métrico.

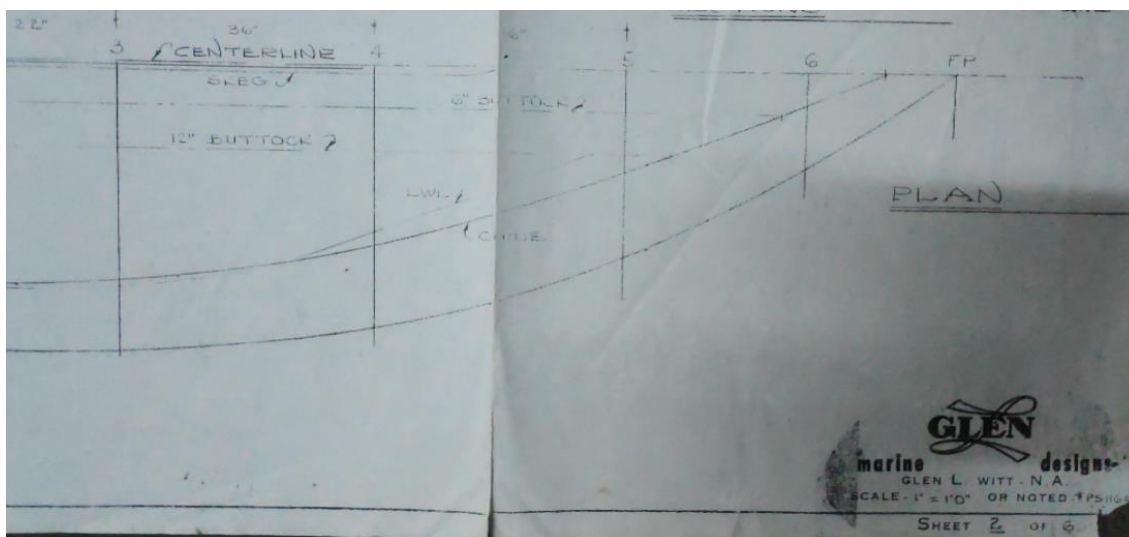
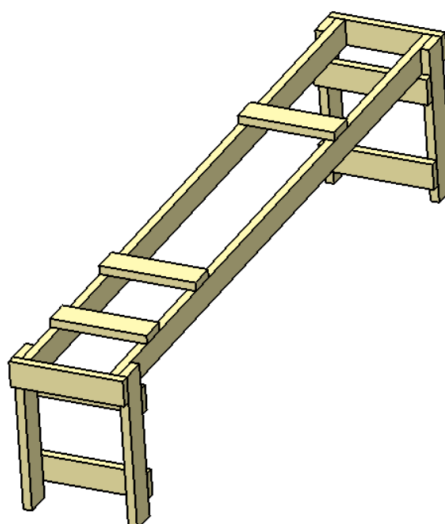


Ilustración 67: Planos posición cuadernas. Fuente: propia





Il·lustració 68: Banco de construcció. Fuente: propia

## 7.2. Cuadernas

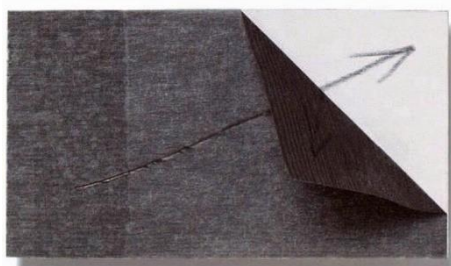
El siguiente paso es obtener el corte de las cuadernas y proceder a su ensamblaje.

### 7.2.1. Corte

Pero ¿cómo se obtiene la forma/dibujo del elemento del plano a la madera? Pues esto se consigue con una técnica rudimentaria que se explica a continuación.

#### Material necesario:

- **Papel al carbón:** Papel que permite calcar en varias superficies, en el caso presente, funciona perfectamente sobre la madera. Compuesto por dos caras, una que no deja marca, y la cara que contiene el carboncillo, la cual se apoya sobre la superficie a marcar.



Il·lustració 69: Papel de carbón. Fuente: internet



Il·lustració 70: Papel de carbón. Fuente: internet

- **Elemento para marcar:** Boli o punta que no marque ni arañe (para no estropear ni dibujar sobre el plano).

## Procedimiento

- 1- Se coloca el listón de madera en un lugar horizontal y fijo.
- 2- Se colocan varios papeles al carbón (tantos como la superficie a dibujar) con la cara del carboncillo tocando la madera.
- 3- Se coloca el plano con la pieza a dibujar encima de la madera, teniendo en cuenta que encaje en la superficie de madera.
- 4- Con el elemento para marcar se resigue el perfil/dibujo del plano deseado.
- 5- Al levantar y destapar la madera, ya se puede ver el dibujo marcado y listo para cortar, se debe optimizar la posición de las diferentes partes de la cuaderna en el listón para aprovechar el máximo el material, tal y como se muestra en la siguiente imagen.



Ilustración 71: Elementos cuaderna. Fuente: propia

- 6- Repetir con todas las piezas de todas las cuadernas y no olvidarse de marcar detalles como la situación para clavos/tornillos según plano.

Una vez cortadas todas las piezas de las cuadernas, se les da un repaso con la lija para quitar las astillas de madera en las zonas de los cortes y se les saca bien el polvo con un trapo seco y sin hilachas, y a continuación con un poco de alcohol, para que luego puedan ser ensambladas.

A continuación se muestra las diferentes partes que forma una cuaderna (no todas van igual ensambladas):

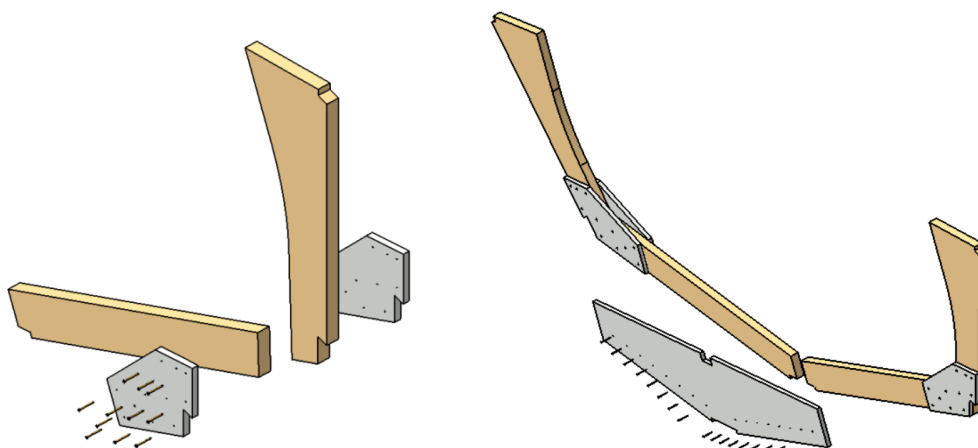


Ilustración 72: Partes cuaderna. Fuente: propia

Ilustración 73: Partes cuaderna. Fuente: propia

Algunos aspectos importantes a la hora del corte de las diferentes cuadernas son los siguientes:

- En el espejo de popa, se practicarán unas ranuras donde irán ubicados el final de los longitudinales de fondo, es muy importante que el corte no sea recto, sino con una cierta inclinación para que los longitudinales adopten las curvaturas del barco y pueda apoyar bien en su posición final. Destacar que estas ranuras solo se practican a la cuaderna 0 (la de popa) antes de la colocación en el banco, las del resto de cuadernas es recomendable realizarlas cuando ya están colocadas en su posición en el banco de trabajo, pues así quedan mejor ajustadas y no hay errores de cálculo.

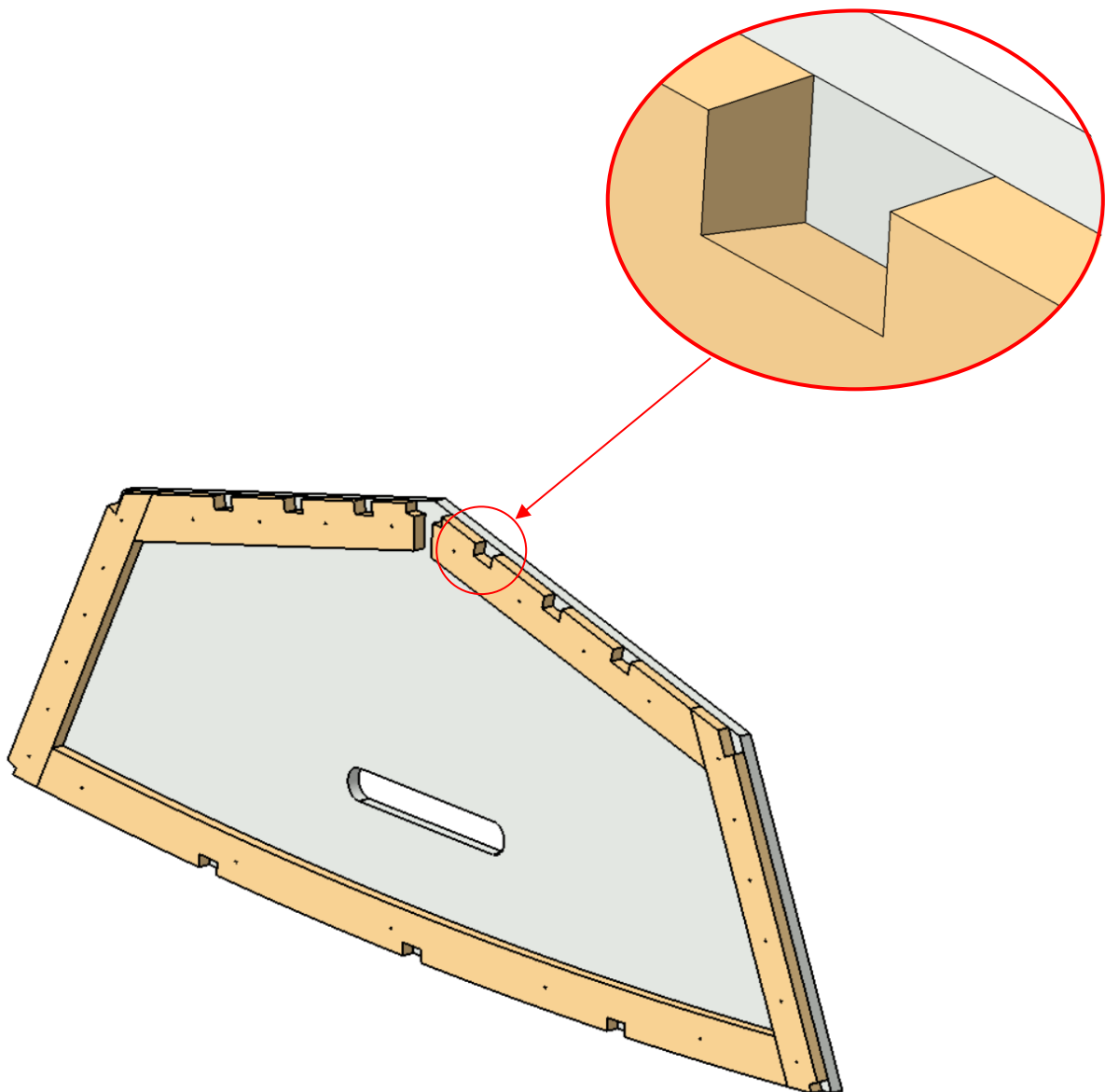


Ilustración 74: Detalle corte con ángulo. Fuente: propia

- En las bridas de unión (piezas de contrachapado) que refuerzan la unión entre las secciones de madera de roble que forman la cuaderna, es recomendable, dejar pre-perforado las ubicaciones de los clavos, con un diámetro adecuado, tal y como se mostró anteriormente.

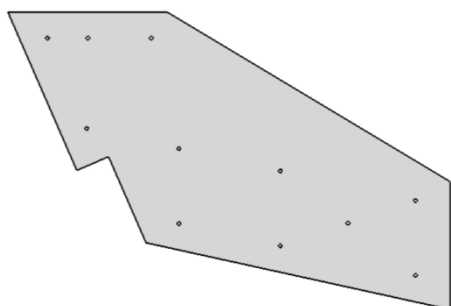


Ilustración 75: Brida pre-taladrada. Fuente: propia

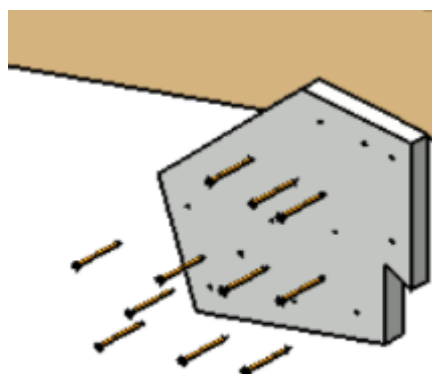


Ilustración 76: Brida y situación clavos. Fuente: propia

### 7.2.2. Ensamblaje

Una vez cortadas las diferentes partes que forman cada cuaderna, se procede al ensamblaje de las mismas.

Para ensamblarlas, una técnica recomendable, todo y que no necesaria, es dibujar sobre una plancha de madera la forma exacta de la cuaderna con el plano y el papel al carbón. Una vez dibujada la sección de la cuaderna se sitúan las diferentes piezas y se sujetan con sargentos comprobando que su sección coincida con la del dibujo. Si se quiere tener más agilidad, se puede optar por poner clavos en el perfil de los dibujos, a modo de tope, y luego colocar las piezas desde la vertical como si fuera un molde. Muy importante es no olvidar que al pegar la cuaderna se puede quedar pegada también a la mesa de trabajo, por este motivo, no se debe olvidar de poner un plástico transparente entre la mesa de trabajo y las zonas que vayan a expulsar el adhesivo.

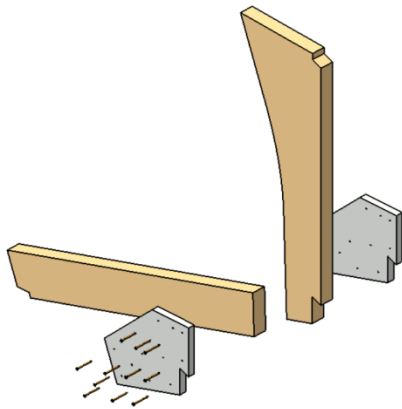
Una vez sabidas sus posiciones y todo listo para el ensamble, se preparará la mezcla de resina epoxi, con su catalizador y su espesante “*SILICA COLOIDAL*” a modo de elemento adhesivo en las proporciones indicadas por el fabricante del producto. Recordar preparar la cantidad justa ya que se trata de un producto caro y que tiene un tiempo de trabajo limitado, es decir, una vez mezclado, no se puede almacenar.

Las zonas a aplicar el adhesivo son las que hacen contacto de madera con madera, tanto roble con roble con contrachapado y roble. Una vez aplicado el adhesivo, se ponen en contacto en su posición y se clavan los clavos tal y como se aprecia en la siguiente imagen. Una vez ensambladas todas las cuadernas, se les pasará una capa de resina epoxi para protegerlas.

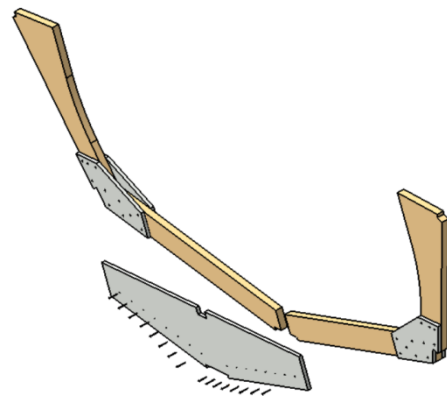
A continuació se mostren les diferents parts a ser ensamblades ja que hi ha parts que unen cuaderns amb altres elements, no obstant, alguns dels elements mostrats a continuació, s'ensamblen directament en el banc de construcció per al seu correcte posicionament. Aquests són, tal i com es veurà més endavant, l'espejo de popa i la roda, que en aquest apartat només es mostren amb fins de il·lustrar al lector com s'ensamblaran en el banc.

- **Cuaderna 1, 2 y 4**

Aquestes 3 cuaderns s'ensamblen sense cap altre element per després ser col·locades en el banc de construcció.

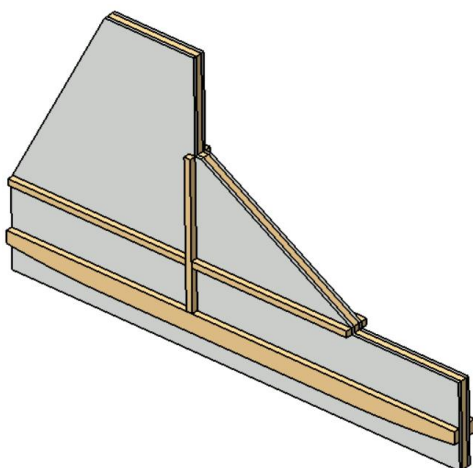


Il·lustració 78: Exemple d'ensamblatge de cuaderna. Font: pròpia

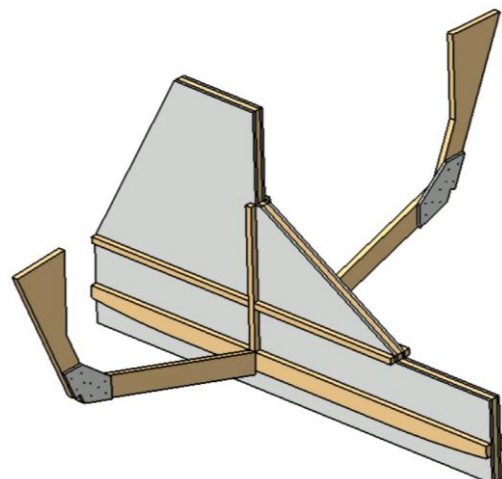


Il·lustració 77: Exemple d'ensamblatge de cuaderna. Font: pròpia

- **Cuaderna 3 – Caja de orza**



Il·lustració 80: Ensamblatge de caixa de orza. Font: pròpia



Il·lustració 79: Ensamblatge de caixa de orza + cuaderna 3. Font: pròpia

- **Cuaderna 5 – Roda:** El ensamblaje entre la roda y la cuaderna 5 se realiza en el banco de construcción. La roda se une a la cuaderna 5 que ya está apoyada en el banco.

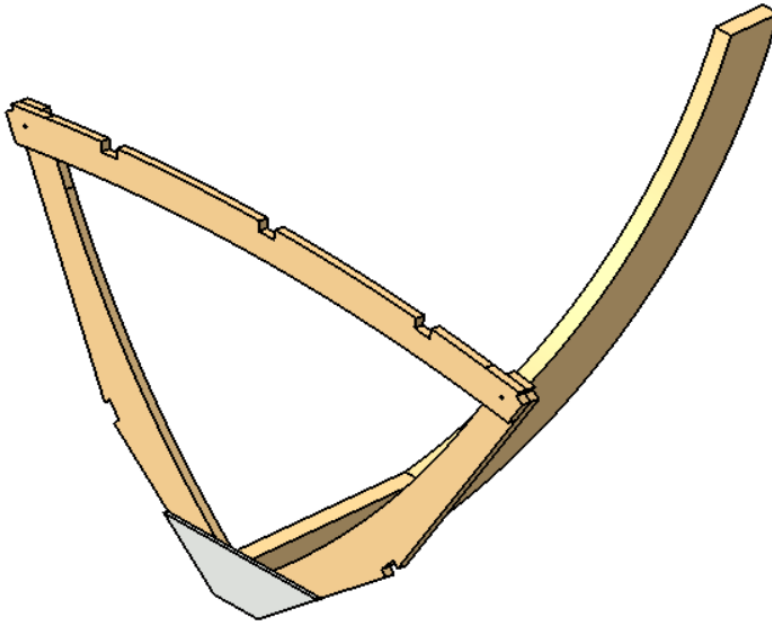


Ilustración 81: Ensamblaje roda + cuaderna 5. Fuente: propia

- **Cuaderna 0 (espejo de popa) – Codaste:** El ensamblaje entre el codaste y la cuaderna 0 se realiza en el banco de construcción. La cuaderna se une al codaste que ya está apoyado en el banco.

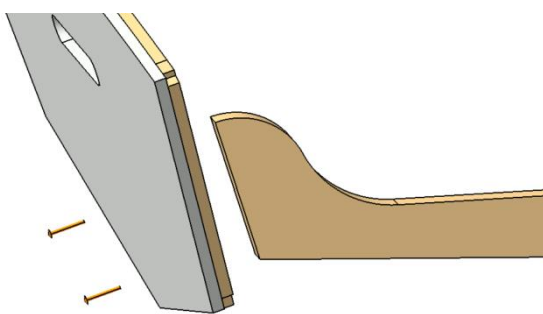


Ilustración 83: Ensamblaje Popa + codaste. Fuente: propia

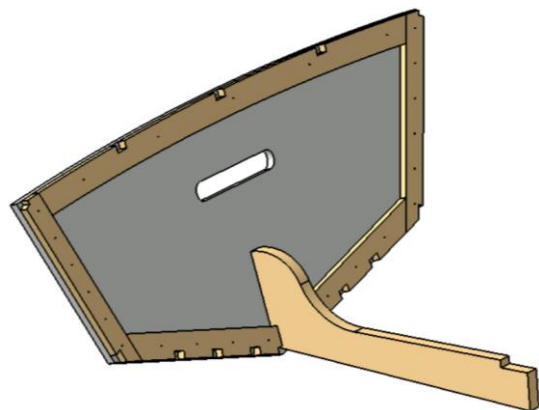


Ilustración 82: Ensamblaje Popa + codaste. Fuente: propia

### 7.2.3. Colocación en banco

Una vez ensamblada toda la estructura principal, se debe despejar ya la zona del banco de construcción para poder empezar a preparar la colocación de las cuadernas. Para ello, se situarán unos travesaños en el banco de construcción en la posición (según planos) de las cuadernas, fijados fuertemente con tornillos para que no se muevan una vez colocados.

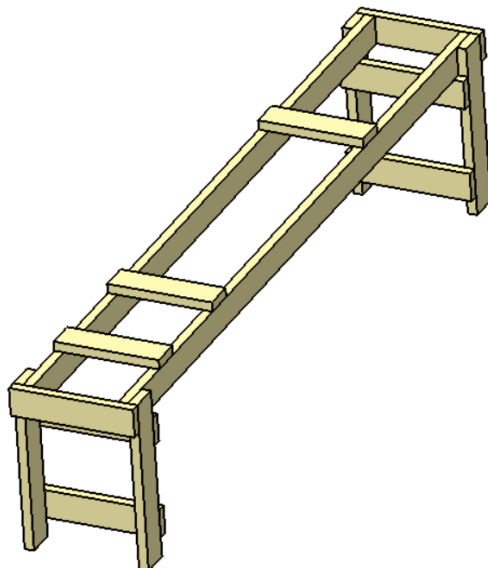


Ilustración 84: Banco de construcción. Fuente: propia

Como se puede ver en la figura anterior donde se muestra el banco de construcción, solo hay dispuestos 3 travesaños en la parte superior, a lo largo. A partir de aquí, se empieza colocando las cuadernas 1, 2, 4 y 5 luego una vez posicionadas estas, se colocan el resto de elementos, que son el espejo de popa, la caja de la orza con la cuaderna 3 y la roda, y se fijan fuertemente con sargentos a los travesaños, tal y como se muestra a continuación.

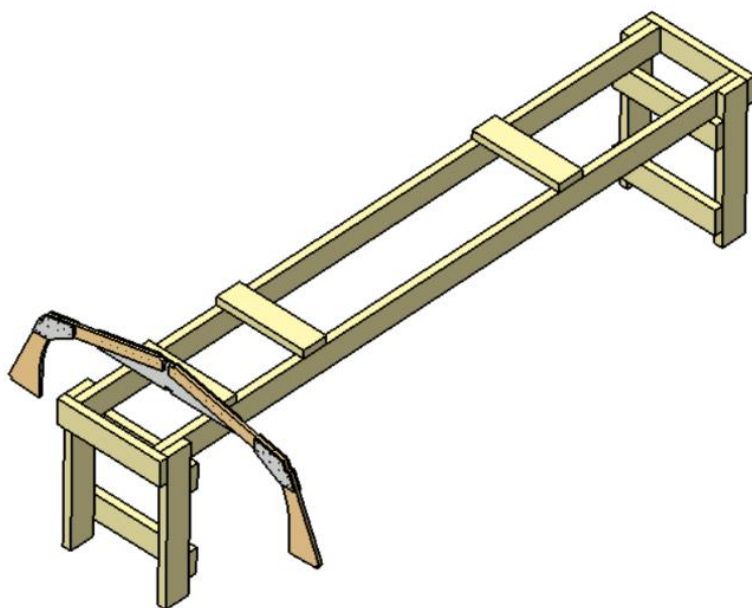
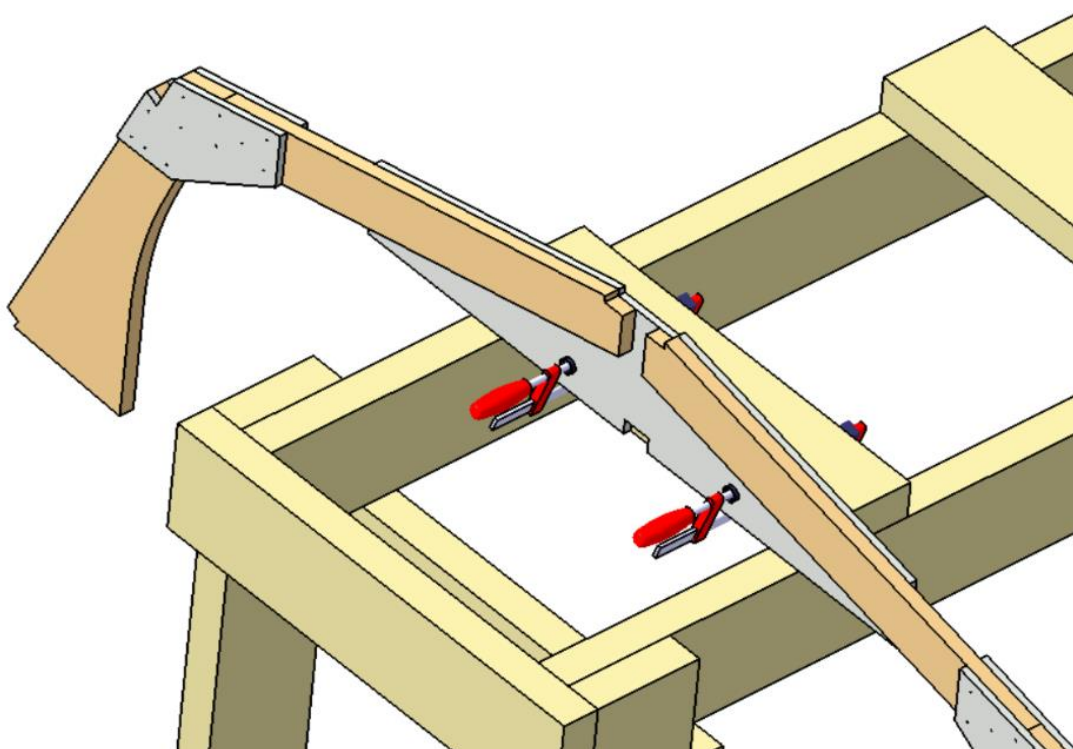


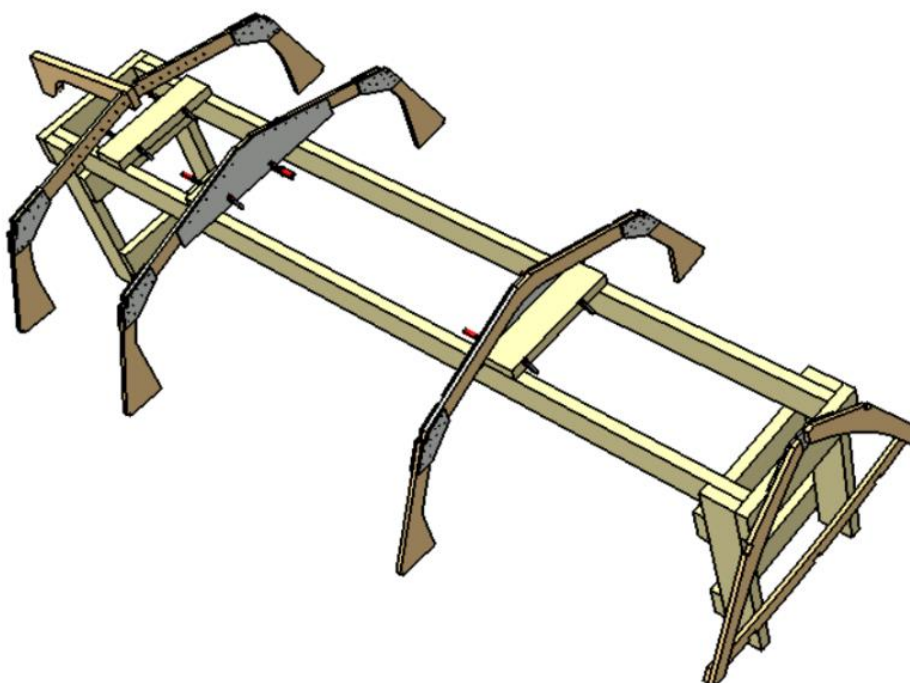
Ilustración 85: Colocación cuaderna en banco de construcción. Fuente: propia





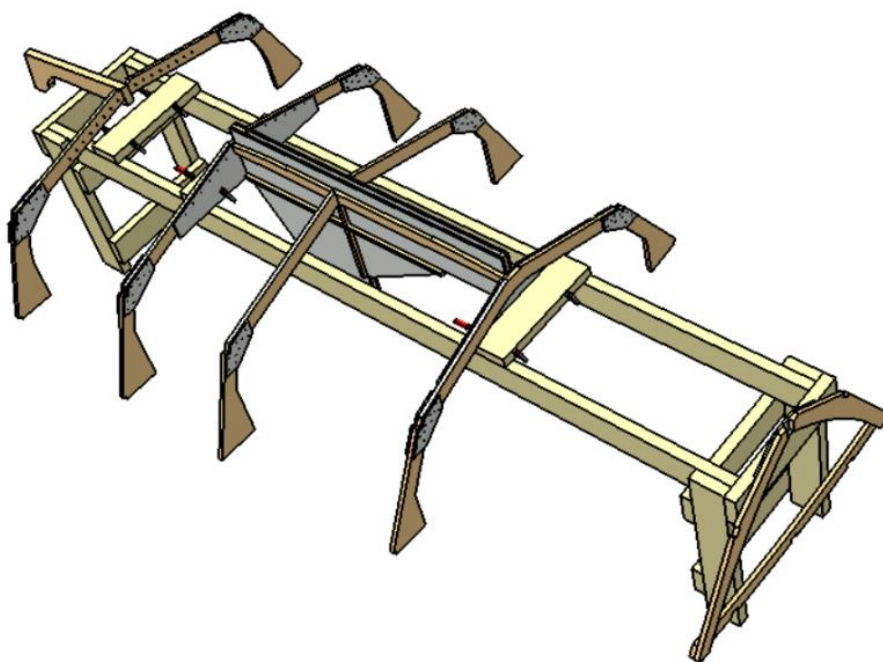
Il·lustració 86: Detalle de fijación con sargentos. Fuente: propia

Estos sargentos se van a quedar aquí hasta que no se termine el casco y se le dé la vuelta para trabajar los interiores. A continuación se muestra el proceso de colocación de los diferentes elementos nombrados con anterioridad.

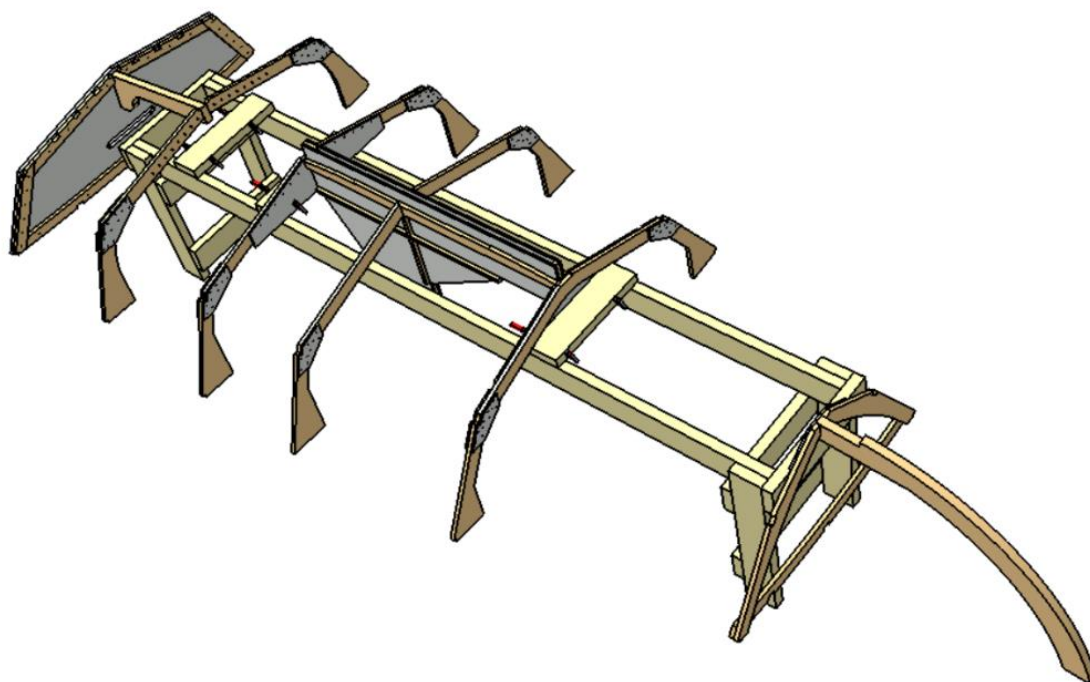


Il·lustració 87: Posicionamiento cuadernas 1, 2, 4 y 5. Fuente: propia

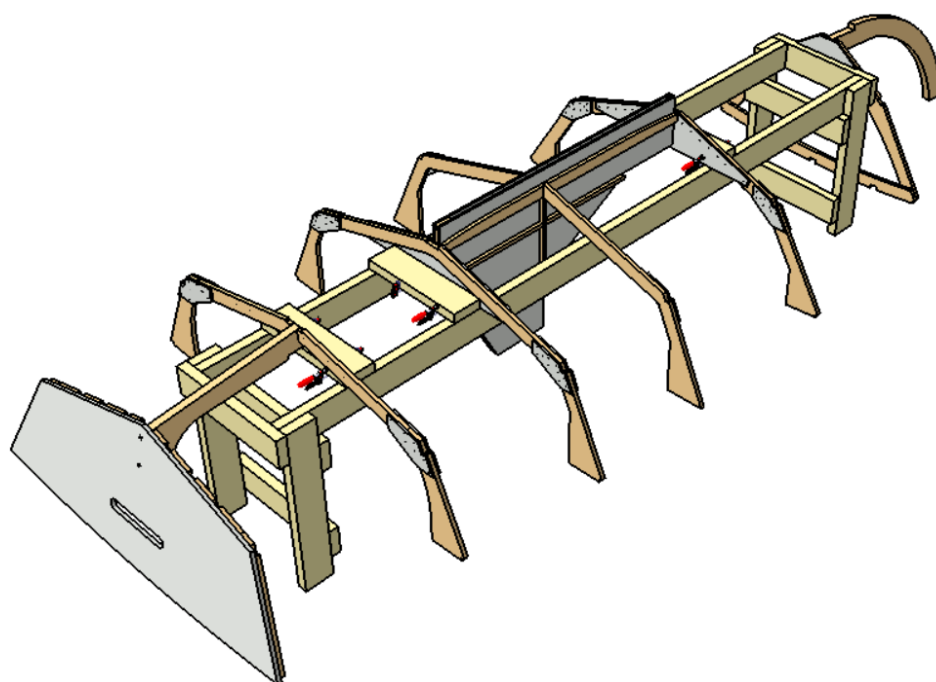




Il·lustració 88: Posicionament caixa de orza + cuaderna 3. Fuente: propia



Il·lustració 89: Posicionament espejo de popa y roda. Fuente: propia



Il·lustració 90: Cuadernas colocadas en banco. Fuente: propia

### 7.3. Quilla y elementos longitudinales

Una vez colocadas las “costillas del barco” (cuadernas) y firmes en su posición, se cortará la quilla para adaptarla a las dimensiones de la embarcación, teniendo en cuenta que hay que practicarle un hueco para el alojamiento de la caja de la orza y se tiene que adaptar a las formas de proa (*Ilustración 92*) y popa. Esta quilla no es una entera, sino que se compone de dos partes, formadas por dos tablones de madera, pues su tamaño no permitiría al constructor doblarla y adaptarla a las formas de la embarcación. Para ello, se divide la quilla en dos tablones de roble de 80x20mm de sección cada uno, para que al final del ensamble de la quilla quede una robusta quilla de 80x40 mm de sección.

Esta primera sección de quilla se une únicamente con adhesivo y forzando la madera con sargentos, es la segunda que se usarán tornillos pasantes, que van sujetos en la roda y el codaste (*Ilustración: 93*).



Ilustración 91: 1a sección de quilla. Fuente: propia



**Il·lustració 92: Adaptació forma quilla a proa. Fuente: propia**



**Il·lustració 93: Detalle tornillos pasantes. Fuente: propia**

En la imagen anterior, se aprecia el detalle de que la cabeza de los tornillos, no pueden ir sobresalidos, pues más tarde, el forro se deberá adaptar a las formas de la quilla, que como se puede ver en la misma quilla, una vez colocada la segunda sección, se le debe dar un corte simétrico al plano de crujía junto con la roda adaptándose a las formas del barco. En la siguiente imagen, se aprecia dicho ángulo a lo largo de toda la quilla y roda.





**Il·lustració 94: Detalle ángulo quilla-roda. Fuente: propia**

A continuació, se col·loquen els longitudinals de costado i els trancanils, aquests ja tenen una major dificultat de col·locació en proa, degut al seu alt grau de curvatura en dicha zona. Per això, un senzill però bon consell és utilitzar vapor en la zona de curvatura, per ajudar a la fusta a agafar la forma desitjada.

Per aconseguir amb la mesura del listó, és dir que el tall en proa encaixi perfectament amb la roda, és recomanable primer col·locar el listó en les cuadernas corresponents, encol·lant-les i atornillant-les ja en la seva posició final i amb una longitud extra en proa, per així quan se li doni la curvatura, poder marcar el tall que quedaria ja en la seva posició. Aquesta tècnica s'aplica tant per als longitudinals de costado com per als trancanils. En la següent imatge, es veuen els longitudinals de costado ja col·locats, amb tornillos i adhesiu epoxi.



Il·lustració 95: Longitudinals de costado. Fuente: propia

Una vez colocados los longitudinales de costado, se debe rebajar el canto exterior, para que adopte las formas de la embarcación tal y como se muestra a continuación.



Il·lustració 96: Corte con ángulo del longitudinal de costado. Fuente: propia

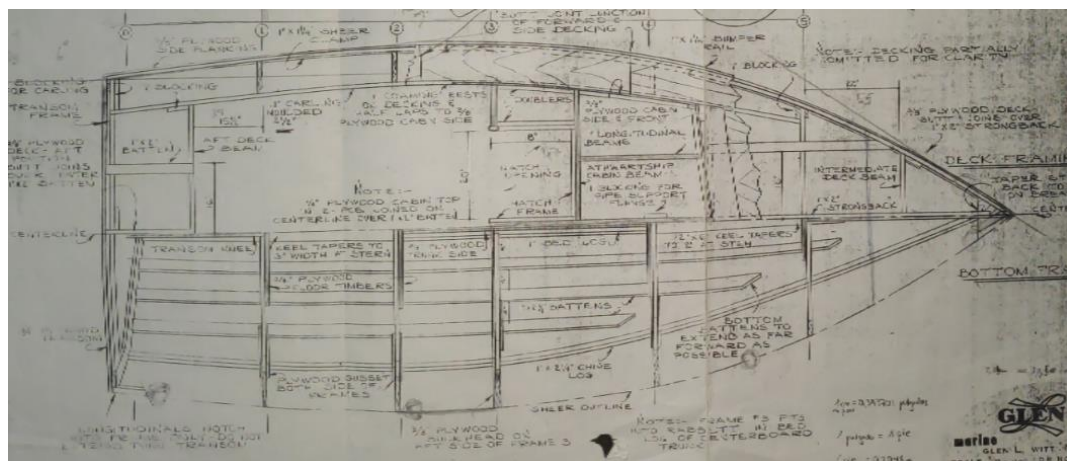
Para acabar con la estructura, ya solo quedan los longitudinales de fondo, que van a brindar una resistencia al forro ante las presiones hidrostáticas que deberá soportar el mismo forro. Como bien se ha dicho al principio del proceso constructivo, los alojamientos de estos elementos en las cuadernas, se deja para este punto del proceso constructivo, pues al ya estar las cuadernas en su posición, los longitudinales encajarán perfectamente. Pues si los cortes se hubiesen hecho con anterioridad a la colocación de las cuadernas, pudieran haber quedado desalineadas y los longitudinales no encajar en sus alojamientos a lo largo de las cuadernas.

Para trazar estos cortes, se posiciona el listón que se vaya a utilizar y se le hacen las marcas para un posterior corte.



**Ilustración 97: Colocando longitudinales de fondo. Fuente: propia**

En la imagen anterior, se puede apreciar como en la derecha ya están colocados los longitudinales y en la izquierda, los cortes se han ido haciendo a medida que el listón se ha ido colocando para que así encaje a la perfección. Una vez practicados los cortes de los alojamientos, se unen a la estructura con adhesivo epoxi y tornillos. Tal y como se muestra en los planos de continuación, las puntas de los longitudinales deben ir cortadas en cuña.



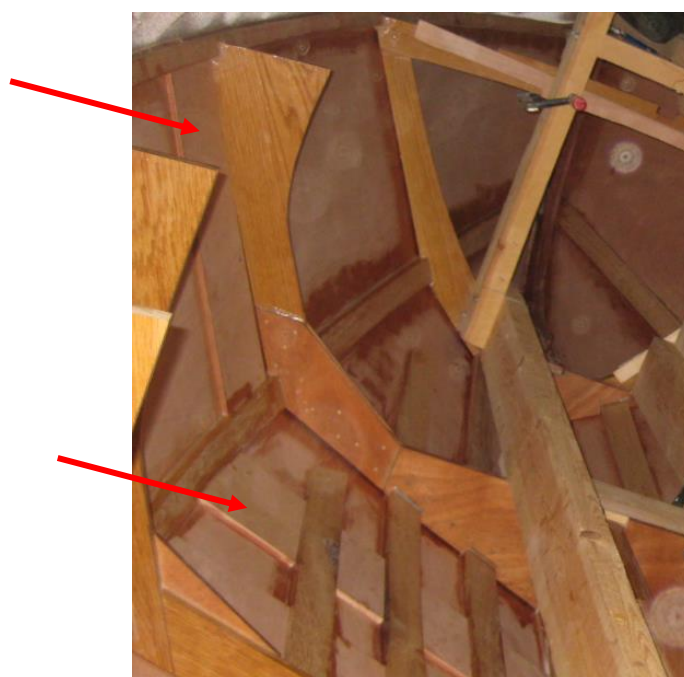
**Ilustración 98: Plano con anotaciones varias. Fuente: propia**

#### 7.4. Forro

Terminada la estructura, le toca el forro pasar a la acción. El forro está compuesto por planchas de 250x125 cm 8mm de espesor, de contrachapado de calidad marino.

El orden de colocación adecuado es empezar por los costados y terminar con el fondo, siempre desde popa hacia proa. Este último aspecto es muy importante, ya que la plancha una vez colocada a proa se acaba recortando la forma curva de la roda, en cambio por la popa, ya se debe colocar a tope con el espejo de popa.

Como la plancha no es continuá, entre las uniones de plancha y plancha, se añade un pequeño recorte de contrachapado, que cubra toda la unión desde el trancanil hasta el longitudinal tal y como se muestra en la siguiente imagen, lo mismo aplicará al forro del fondo.



**Ilustración 99: Detalle planchas unión. Fuente: propia**

La forma de la plancha en sus costados (lados largos), se recortara dejando que sobre unos 10-20 mm para que luego una vez colocada en su posición final, ya encolada y con su tornillería correspondiente, se haga el recorte final para ajustar las formas del barco en los trancaniles y dándole un corte anguloso en la zona de unión con el longitudinal para que la plancha del fondo se adapte perfectamente a la geometría. En la ilustración 102 se ve un ejemplo con el forro del fondo.



En el forro, los clavos irán clavados en toda la estructura excepto en las cuadernas, para que la posición de los clavos quede centrada en la estructura de apoyo, es más que aconsejable marcar la plancha a lápiz, con la forma de la estructura tal y como se ve en la siguiente imagen. Nunca olvidarse marcar las posiciones donde descansan otros tornillos de la estructura, para evitar interferencias.



**Ilustración 100: Marcas de lápiz. Fuente: propia**

Para doblar la madera también se recomienda utilizar vapor para ayudar a doblar la plancha en la zona de proa. En la siguiente imagen se aprecia el forro de costado ya colocado.



**Ilustración 101: Forro de costado. Fuente: propia**



Il·lustració 102: Detalle del exceso de plancha de fondo. Fuente: propia



Il·lustració 103: Detalle del forro colocado. Fuente: propia

Una vez el forro colocado, se cortan los excesos y se redondean las esquinas para que el casco tenga formas más hidrodinámicas y para que la fibra de vidrio se adapte bien a las esquinas. Una vez el casco lijado, se debe limpiar bien el polvo para poder proceder con la siguiente etapa.



Il·lustració 104: Detalle del casco. Fuente: propia

### 7.5. Protección del casco

Como bien se ha comentado en último paso, una vez el casco libre de polvo de madera, se le aplica una capa de resina epoxi a toda la superficie exterior del casco, tal y como se aprecia en la siguiente imagen. Este paso es importante debido a que la resina sella los poros que tiene el contrachapado y le añade una mejor adherencia para el siguiente paso. Este paso, no se debe dejar secar del todo, ya que la siguiente etapa, colocación de la fibra de vidrio, tendrá una mejor adherencia si la capa anterior de resina epoxi no está seca del todo.



Ilustración 105: Casco con resina epoxi. Fuente: propia

A continuación, toca brindar al casco una capa de dureza, esto se consigue como no, con la fibra de vidrio i la resina epoxi. Para su mejor aplicación, es recomendable dar un ángulo de inclinación al banco de construcción, pues si no fuese así, la parte del costado sería demasiado vertical y por ende demasiado difícil su aplicación.

En la siguiente imagen, se puede apreciar la embarcación inclinada para una mejor aplicación de la capa de fibra de vidrio de uno de los costados.

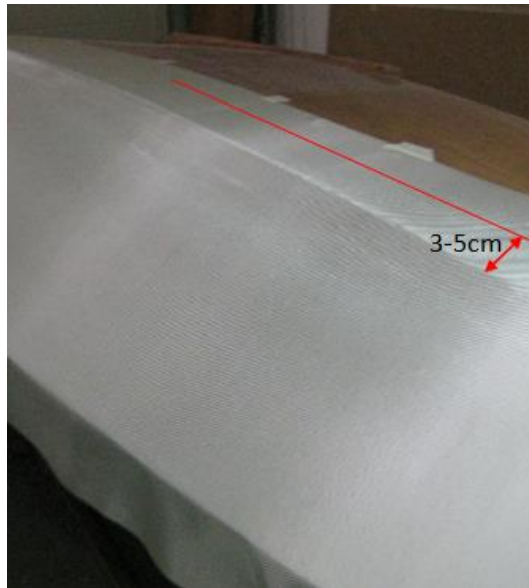


**Ilustración 106: Aplicación de la fibra de vidrio. Fuente: propia**

El proceso de aplicación de la fibra con la resina, sigue los pasos de la laminación manual, que consiste en los siguientes pasos:

- 1- Se extiende el “mantel” de fibra de vidrio en la zona del costado, dándole margen por arriba para su sujeción con celo de pintor y por abajo para su posterior recorte. Se debe extender bien y evitar las arrugas.
- 2- Se aplica la resina de epoxi (recordar que la resina para que actúe siempre debe ir mezclada con su catalizador, en cualquiera de los pasos de construcción) derramándola desde la parte superior a lo largo de todo el costado y desde la zona que se quiere cubrir, es decir: entre la superficie del costado y la superficie del fondo, van a haber dos capas distintas de fibra de vidrio por lo tanto estas se tendrán que solapar. Para hacer el solape, este debe de ser de 3 a 5 cm como mínimo. En conclusión, la zona a empezar a derramar la resina será de 3 a 5 cm desde la esquina de la superficie de fondo (zona que será el solape de la capa del costado) hasta todo el costado.





Il·lustració 107: Detalle tamaño solape de costado. Fuente: propia

- 3- Se extiende primero con el rodillo normal, de arriba abajo para evitar las burbujas y las arrugas.
- 4- Una vez toda la superficie empapada se pasa el rodillo metálico de arriba abajo para quitar las posibles burbujas que se hayan atrapado.
- 5- Se deja endurecer pero no hasta el final, ya que se deben cortar los excesos, es decir, el de abajo, y la parte superior del solape.
- 6- Repetir con todas las superficies del casco y recordar que al ser solo para brindar dureza al blando contrachapado, con una capa de fibra es suficiente.

En la siguiente imagen se pueden observar los solapes en cada arista de la embarcación como las zonas más blancas. La fibra de vidrio ya ha sido aplicada en todo el casco.



Il·lustració 108: Detalle de los solapes. Fuente: propia

## 7.6. Pintura

Antes de pintar el casco, se debe pasar la lija por todo el casco para darle rugosidad a la superficie y que la pintura tenga un buen agarre. Este proceso de lijado es quizás el más tedioso de todo el proyecto, pues se hace largo y pesado.

Una vez lijado, se debe quitar todo el polvo con trapos secos y sin hilachas y con trapos húmedos para recoger todo el polvo restante. Una vez sin polvo, se debe secar bien para que no quede humedad.

Antes de empezar a pintar se delimitan las áreas de pintado con celo de pintor, pues así van a quedar líneas perfectas.

Ahora sí ya se puede proceder al pintado del casco. El primer paso es aplicar una capa de imprimación para que la posterior capa de pintura se pueda agarrar correctamente. Se deja secar según especificaciones del fabricante y se aplica una primera mano de pintura, se deja secar de nuevo y se aplica una segunda capa de pintura. Recordar que la pintura es diferente que la fibra con la resina, pues la fibra con la resina no se debía dejar de secar del todo a diferencia de la pintura.



Ilustración 109: Barco pintado. Fuente: propia

### 7.7. Voltear la embarcación

Ahora sí, una vez terminado el casco, toca darle la vuelta. Se debe recordar, que la orza pivota libremente en la caja de la orza, así que será recomendable hacerla fija para que no moleste al tener que voltear la embarcación. Para ello, con una simple cincha se puede conseguir.

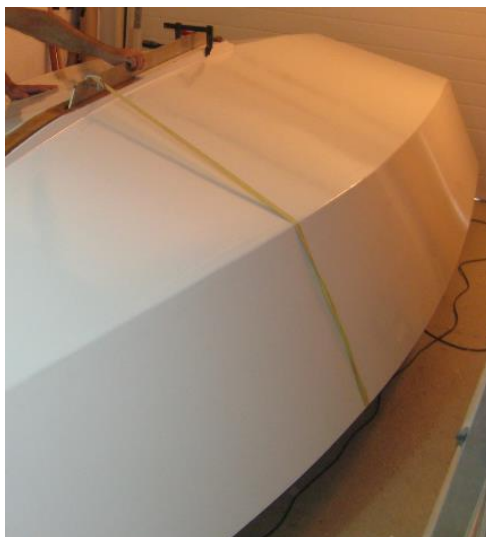


Ilustración 110: Sujeción de la orza. Fuente: propia

El aspecto más importante antes de voltear la embarcación, es pensar cómo o donde se va a apoyar una vez volteada para seguir trabajando su interior. En esta construcción, se aprovechó la madera del banco de construcción y se modificó de tal manera que se apoyara la embarcación adecuadamente y a una altura no muy elevada para poder trabajar correctamente. Recomendable pensar en poner ruedas al nuevo banco para un mejor movimiento del mismo.

Al tratarse de una embarcación poco pesada, con la ayuda de 4 a 6 personas se puede voltear fácilmente y luego ponerla en la nueva zona de construcción. El aspecto más importante a tener en cuenta es el de amortiguar la caída al voltear la embarcación y sus apoyos para no rallar el casco. Por eso, con la ayuda de neumáticos o colchones viejos funcionará perfectamente.



Ilustración 111: Embarcación volteada. Fuente: propia





Il·lustració 112: Nuevo banco de construcción0 Fuente: propia

## 7.8. Estructura de la cubierta y cubierta

Una vez la embarcación fija en su nueva estructura de trabajo/apoyo, se procede a trabajar la estructura de la cubierta, que dará estanqueidad a la embarcación y una sólida base de apoyo para los marineros.

Pero antes de trabajar la estructura de la cubierta superior, es recomendable trabajar primero la estructura del plan de la cabina, pues si se deja para más tarde, será más dificultoso trabajar su interior. Por este motivo se colocan los refuerzos del “suelo” tal y como se ve en la siguiente imagen.



Il·lustració 113: Estructura cubierta interior. Fuente: propia

Ahora sí, se puede pasar a la estructura de la cubierta superior, para ello, se empieza reforzando la parte interior alta de las cuadernas, colocando los trancaniles interiores con el mismo material y tamaño de tablón que se utilizó para los longitudinales de fondo y costado. En la siguiente imagen se aprecia que corren a lo largo entre la cuaderna 0 (popa) y la cuaderna 5.



**Il·lustració 114: Trancaniles interiors. Fuente: propia**

Justo a continuació se toman mesures per col·locar el reforç transversal de la popa i amb la mateixa forma arqueada que té la popa perquè la coberta es adapte perfectament. En la següent imatge apareix l'element transversal sense recortar. Destacar també que en el model original, la zona de coberta de popa és més llarga, no obstant en aquest projecte es considerà per comoditat i espai desplaçar aquest element transversal a popa reduint així la eslora de coberta a popa.



**Il·lustració 115: Refuerzo cubierta popa. Fuente: propia**

Altre petit incís abans de continuar amb la estructura de coberta, és el del material de flotació del pic de proa, ja que en aquesta zona i altres que es veuran a continuació, es ha de posar un material flotant d'emergència (espuma), perquè en cas de via d'aigua, el barc es mantingui a flote. Es prepararà un mamparo amb fusta de contrachapado en la zona de proa, es rellenarà amb el material de flotació i després es tancarà per mantenir-lo sellat.



**Il·lustració 116: Material de flotació en pique de proa. Fuente: propia**

Se cubre la zona como bien se ha comentado y se procede con la estructura de cubierta de la zona de proa, constituida por elementos transversales y longitudinales de roble, al igual que toda la estructura.



**Il·lustració 117: Estructura de cubierta en proa. Fuente: propia**

Como se puede ver en la anterior pero sobretodo en la siguiente imagen, se añade un refuerzo transversal más atrás de la cuaderna 5 para alargar la superficie de cubierta en proa y que además servirá de apoyo para la cabina.





**Il·lustració 118: Refuerzo transversal cubierta proa. Fuente: propia**

El siguiente paso es ya la colocación de la cubierta, esta no tiene ningún secreto ni dificultad comparado con la del forro. Los únicos aspectos importantes a tener en cuenta son los siguientes:

- Marcar la situación de los clavos que unen el forro con los trancaniles para que no haya interferencia con los clavos que se utilizarán para la cubierta.
- En la zona de la regala, al no poder utilizar ningún sargento debido a que no hay superficie de agarre, se utiliza la técnica que se muestra en la siguiente imagen, aunque se explica por sí sola, la técnica consiste en poner unas cinchas atadas a la estructura de montaje que tensen unos cáncamos pasantes sujetos al excedente de madera, cuando se haya fijado en su posición y esté firme con sus respectivos clavos y adhesivo, se recortará el sobrante de contrachapado.

Una vez colocada la cubierta, se le aplica una capa de fibra de vidrio igual que se hizo con el casco, para tal de proteger el blando contrachapado ante golpes.



**Ilustración 119: Detalle sujeción cubierta. Fuente: propia**



**Ilustración 120: Detalle cubierta terminada. Fuente: propia**

El proceso de aplicación de material de flotación se repetirá también en la zona de sentina de por debajo de la cubierta de cabina, en la proa de la cabina, no en la popa, pues allí va colocado el pasador/pivote de la orza y es una zona sujeta a inspección/revisión de entradas de agua.



**Ilustración 121: Material de flotación de sentina. Fuente: propia**

Para finalizar se pone la cubierta de la cabina, formada por madera de contrachapado, barnizada con resina epoxi y con una apertura tanto para inspeccionar la sentina como para achicar agua si fuese necesario. A parte de la apertura, tendrá un recorte para el alojamiento del puntal (elemento que reforzará la cabina para el mástil). A continuación se muestra un detalle de las aperturas de inspección y el recorte del alojamiento del puntal.



**Ilustración 122: Alojamiento puntal y aperturas revisión. Fuente: propia**





Il·lustració 123: Agujero de inspección de sentina. Fuente: propia

### 7.9. Estructura de la cabina y cabina

En los pasos anteriores, se dejó la cubierta sin pintar ni terminar sus detalles, esto es porque primero se construye el perímetro de lo que será la estructura de la cabina y a continuación se deja la cubierta terminada.

Como se puede ver en la siguiente imagen, se ha colocado el perfil inferior de la estructura de la cabina, junto con el mamparo de división de la bañera con la cabina. Los elementos estructurales vuelven a ser como no, de roble y para el mamparo y la pequeña sección que forma la nariz de la cabina de contrachapado marino. Tanto la pieza que forma el gran mamparo de división como los laterales, frontales y techo de la cabina, se les aplicará una capa de fibra de vidrio en su parte exterior (antes de ser montadas) para prevenir los golpes en la madera. Antes de ser montadas también se pintará la pieza del color deseado, si es que se quiere dar color al interior de la cabina.



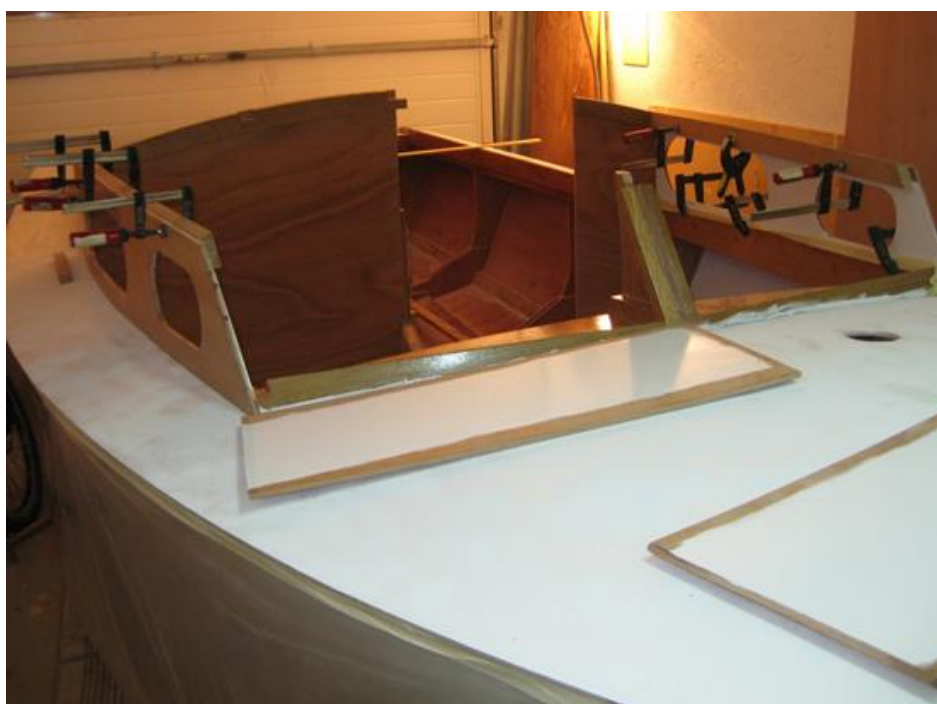
Il·lustració 124: Perfil de la estructura de cabina. Fuente: propia

Como se puede ver en la siguiente imagen, el mamparo de la cabina, se debe adaptar a la forma del casco, teniendo en cuenta que también debe llevar los elementos estructurales que serán para el apoyo del suelo y de los bancos.



**Ilustración 125: Detalle del mamparo. Fuente: propia**

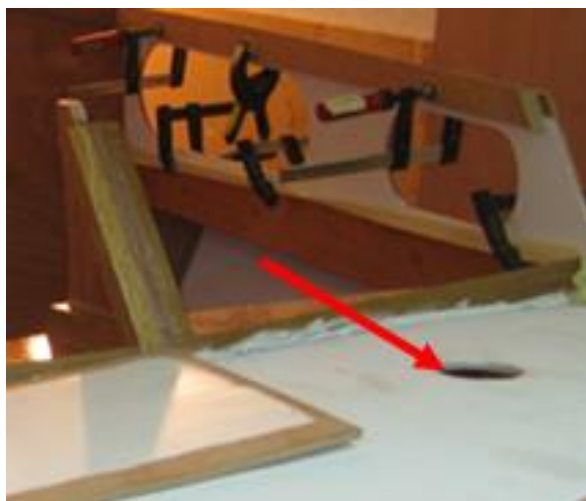
A continuación se puede observar cómo, con el perfil de la cabina ya puesto, se ha pintado la superficie de la cubierta. En este caso, a diferencia del casco, a la pintura se le ha mezclado un material antideslizante, el cual elevará el agarre a cubierta por los marineros, evitando accidentados resbalones.



**Ilustración 126: Pintura de cubierta. Fuente: propia**

Otro detalle, no menos importante, que se le practica en cubierta, es el agujero donde irá colocado la seta de ventilación, pues como se verá en el apartado de mantenimiento, es muy importante para que no se pudra la madera que esta, esté ventilada. Esta será la misión de la seta de ventilación junto con la rejilla de ventilación de la puerta de la cabina, mantener un flujo de aire constante.





Il·lustració 127: Detalle alojamiento seta. Fuente: propia

Ya casi para terminada la cabina, el siguiente paso es colocar la estructura del techo, formada por travesaños arqueados y elementos longitudinales, ambos de roble, brindaran la resistencia final para soportar y repartir los esfuerzos recibidos del mástil. También se puede apreciar la colocación de la seta de ventilación, atornillada en cubierta por el agujero practicado anteriormente.



Il·lustració 128: Detalle estructura cabina. Fuente: propia



Ilustración 129: Seta en cabina. Fuente: propia

Como se ha comentado anteriormente, no solo se tiene la estructura de la cabina para soportar los esfuerzos del mástil, pues probablemente sin el puntal del interior de la cabina, la cabina no soportaría los esfuerzos de compresión del mástil. Es por esta razón que se coloca un puntal de acero, atornillado entre la estructura de la cabina y la estructura del suelo.



Ilustración 131: Puntal de refuerzo. Fuente: propia



Ilustración 130: Puntal de refuerzo. Fuente: propia

Una vez la cabina terminada, se pinta el techo igual que la cubierta, con material antideslizante, y se termina con los siguientes detalles:

- **Pasamanos:** Elementos de agarre de seguridad para el marinero. Estos van atornillados desde el interior de la cabina, con una brida de contrachapado para transmitir mejor los esfuerzos.



Ilustración 132: Pasamanos. Fuente: propia

- **Soporte mástil:** Brida colocada en cabina sujeta con tornillos pasantes que se fijan al puntal.



Ilustración 133: Soporte mástil. Fuente: propia

- **Anclajes obenques:** Los anclajes sujetarán los grilletes de los obenques, harán función de cadenotes y atraviesan la cabina para sujetar en la estructura interna de la cabina.



Ilustración 135: Anclaje obenque. Fuente: propia

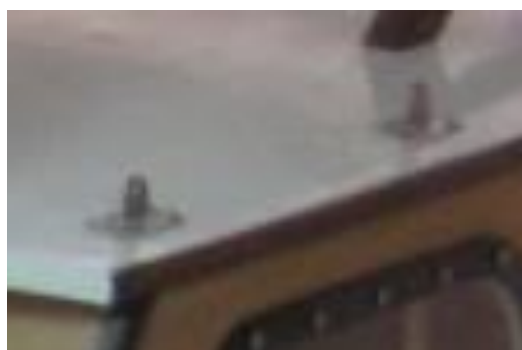


Ilustración 134: Anclaje obenque. Fuente: propia

- **Portillos:** Para las lumbreras se utilizó policarbonato, material que simula vidrio, se han comprado planchas y se han cortado a medida. Se ha colocado con tornillos y masilla de poliuretano para generar estanqueidad.



Ilustración 136: Portillos. Fuente: propia

- **Tambucho:** Puerta horizontal que amplía la dimensión de entrada en cabina. Construida con roble para la estructura y contrachapado. Se desplaza por una guía hecha con roble aunque se puede poner una guía estándar comercializada.



Ilustración 137: Tambucho. Fuente: propia



Ilustración 138: Detalle de la cabina terminada. Fuente: propia



### 7.10. Bañera

Para terminar con la construcción de la embarcación, ya solo queda la parte más fácil, la bañera. Formada por los bancos y el suelo, no tiene secreto. En la siguiente imagen se puede observar lo mencionado anteriormente en la superficie exterior de la cabina y era brindarle una capa de fibra de vidrio con resina para blindar el blando contrachapado ante golpes. En este caso, se muestra el mamparo que forma el banco en popa.



Ilustración 139: Mamparo del banco. Fuente: propia

Como bien se sabe, los sobrantes de la fibra se tienen que recortar un poco antes de que endurezca del todo, pues su manipulación es más fácil.

Se construye la estructura de los bancos con madera de roble y la superficie con madera de contrachapado tal y como se aprecia en la siguiente imagen.



Ilustración 140: Bañera. Fuente: propia

Para darle un toque más clásico a los bancos, encima del contrachapado se han puesto listones de madera de iroko.



**Il·lustració 141: Detalle del banco de iroko. Fuente: propia**

En las partes de los costados de los bancos también es obligatorio poner material de flotación, así que solo se podrán aprovechar los espacios de bancos de popa, para colocación del tanque de combustible y para almacenar el ancla. Para tal fin, las tapas de esta zona no irán fijadas con clavos y/o adhesivo, sino que solo se encajarán para poder levantarlas en caso necesario.



**Il·lustració 142: Alojamiento depósito combustible. Fuente: propia**



Il·lustració 143: Detalle del depósito de combustible. Fuente: propia

Para finalizar con la bañera, el suelo también se le practicará aperturas con bisagras para poder inspeccionar y/o almacenar elementos en la sentina. A parte que, al igual que la cubierta, también se le aplicará pintura antideslizante.

### 7.11. Últimos detalles

Por último, se ponen detalles y elementos de servicio tales como:

- **Cornamusas:** Se colocan 4 en toda la cubierta para maniobras varias. Para fijar estos elementos y otros tales como cadenotes, guía cabos... en la parte inferior, se coloca una chapita de contrachapado para que al cabeza del tornillo/tuerca distribuya mejor la fuerza y no dañe la madera del barco.



Il·lustració 144: Cornamusas. Fuente: propia

- **Guía cabos:** Para guiar los cabos de la jarcia de labor
- **Mordazas:** Para hacer firme los cabos de la jarcia de labor
- **Torrecilla giratoria:** Para maniobra de la botavara

- **Cintón:** Listón de iroko que cubre la regala y las esquinas del contrachapado, atornillado y con adhesivo epoxi. Recordar no atornillar en los mismos sitios que se alojan tornillos / clavos de otros elementos.



Il·lustració 145: Cintón. Fuente: propia

Estos y muchos otros elementos irán dispuestos en cubierta para la maniobra de la vela o para otros accesorios como la escalera para bañarse, soportes para montar un toldo. Todos estos accesorios que no son de maniobra se dejan ya a gusto del consumidor y no se incluyen en la construcción de este proyecto.



## 8. Inspecciones

En este apartado, se hablará sobre inspecciones en embarcaciones de lista 6ª (Embarcaciones deportivas o de recreo que se exploten con fines lucrativos) y 7ª (Embarcaciones de construcción nacional o debidamente importadas, de cualquier tipo y cuyo uso exclusivo sea la práctica del deporte sin propósito lucrativo o la pesca no profesional).

Según el **Real Decreto 1434/1999, de 10 de septiembre**, por el que se establecen los reconocimientos e inspecciones de las embarcaciones de recreo para garantizar la seguridad de la vida humana en la mar y se determinan las condiciones que deben reunir las entidades colaboradoras de inspección, dice lo siguiente:

### **Capítulo I, Artículo 2. Ámbito de aplicación.**

1. Este Real Decreto se aplicará a las embarcaciones de recreo matriculadas en España, considerándose como tales aquellas de todo tipo, con independencia de su medio de propulsión, que tengan una eslora de casco comprendida entre 2,5 y 24 metros, proyectadas y destinadas para fines recreativos y deportivos, y que no transporten más de 12 pasajeros.

2. A los efectos de este Real Decreto, se entiende como eslora de casco para embarcaciones de recreo, la distancia medida paralelamente a la línea de agua de proyecto entre dos planos perpendiculares al plano de crujía; uno de ellos que pase por la parte más saliente a popa de la embarcación, y el otro por la parte más saliente a proa. Se incluyen todas las partes estructurales o integrales como son proas o popas metálicas o de madera, amuradas y uniones de casco con cubierta. Se excluyen todas las partes desmontables que puedan quitarse de forma no destructiva y sin afectar a la integridad estructural de la embarcación, por ejemplo, palos o tangones, baupreses, púlpitos y otros extremos de la embarcación, elementos de gobierno, timones, motores fuera/borda incluidos soportes y refuerzos, transmisiones de motores dentro/fuera borda y propulsión jet, plataformas de buceo, plataformas de embarque, bandas de goma y defensas.

Como bien dice el siguiente artículo, (Artículo 3. Tipos de reconocimientos), existen varias inspecciones que se les debe dar a una embarcación de lista 6ª o 7ª, las cuales se pueden distinguir entre iniciales, periódicos, intermedios, adicionales y extraordinarios.

### **Capítulo I, Artículo 3. Tipos de reconocimientos.**

Las embarcaciones de recreo comprendidas en el ámbito de aplicación de este Real Decreto estarán sometidas a los siguientes reconocimientos obligatorios, que se realizarán de acuerdo con las prescripciones establecidas en el anexo II:

**A) Reconocimiento inicial.** Todas las embarcaciones de recreo deberán realizar un reconocimiento inicial que será llevado a cabo por la Administración marítima para verificar el cumplimiento de la normativa vigente en materia de seguridad y prevención de la contaminación, y que consistirá en:

1. Un examen de los planos, diagramas, especificaciones, cálculos y demás documentación técnica, para verificar que la estructura, las máquinas y el equipo cumplen la normativa vigente.

2. Una inspección de la estructura, las máquinas y el equipo, para verificar que los materiales, los escantillones, la construcción y los medios, según proceda, se ajustan a los planos aprobados, diagramas, especificaciones, cálculos y demás documentación técnica, y que tanto la calidad del trabajo como de la instalación es satisfactoria en todos sus aspectos.

Superado el reconocimiento inicial se expedirá el correspondiente Certificado de navegabilidad.

Las embarcaciones de recreo comprendidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 297/1998, de 27 de febrero, que lleven incorporado el marcado «CE» de conformidad, no precisarán de reconocimiento inicial. El certificado de navegabilidad les será expedido de forma automática por la Administración marítima. En todo caso, estas embarcaciones estarán sujetas a los correspondientes reconocimientos periódicos, intermedios, adicionales y, en su caso, extraordinarios, que procedan. El inicio del plazo para la realización de los mismos se computará a partir de la fecha de la primera puesta en servicio de la embarcación.

El Certificado de navegabilidad irá acompañado de un inventario en el que constarán los elementos de salvamento y de seguridad, así como el equipo que debe llevar a bordo la embarcación, que se indican en el anexo I, de acuerdo con las categorías de diseño de las embarcaciones que se definen en el anexo I, 1, del Real Decreto 297/1998, de 27 de febrero. Su fecha de expedición será la que marque el inicio del plazo para los reconocimientos periódicos y, en su caso, intermedios, que se regulan en los párrafos b) y c).

**B) Reconocimientos periódicos.** Las embarcaciones de eslora mayor o igual a 6 metros y menor de 24 metros, registradas en la lista 7.ª, de acuerdo con la normativa vigente sobre registro y abanderamiento de buques, estarán sujetas a reconocimientos periódicos cada cinco años como máximo.

Las embarcaciones de eslora inferior a 6 metros, registradas en la lista 7.ª, estarán exentas de reconocimientos periódicos. En el certificado de navegabilidad deberá constar la frase «SIN CADUCIDAD».

En conclusión, en lo establecido en este **Real Decreto 1434/1999, de 10 de septiembre**, la embarcación del proyecto, estará establecida a los siguientes tipos de reconocimiento, debido a su naturaleza:

- **Reconocimiento inicial:** Al no contener el marcado CE, será preciso realizar el reconocimiento inicial que será llevada a cabo por la administración marítima, a diferencia de los reconocimientos periódicos que se llevan a cabo por las entidades colaboradoras, de las que no se habla de ellas por no ser de aplicación en este proyecto.
- **Reconocimiento periódico:** Al tratarse de una embarcación inferior a 6 metros de eslora, no será preciso realizar ningún otro reconocimiento periódico.

## 9. Abanderamiento y matriculación

Para realizar el presente apartado, se ha usado el **Real Decreto 1435/2010, de 5 de noviembre**, por el que se regula el abanderamiento y matriculación de las embarcaciones de recreo en las listas sexta y séptima del registro de matrícula de buques, seleccionando los apartados de interés para el presente proyecto.

### **Artículo 3. Ámbito de aplicación**

1. Lo dispuesto en este real decreto será de aplicación:

a) Al abanderamiento y matriculación en las listas sexta y séptima de las embarcaciones de recreo.

b) A las anotaciones en las hojas de asiento de cualquier acto registrable que se den sobre las embarcaciones ya abanderadas y registradas en las listas anteriormente citadas.

2. Están excluidas del ámbito de aplicación de este real decreto las embarcaciones que tengan otorgado permiso temporal de navegación de acuerdo con la normativa vigente y las embarcaciones de recreo de la lista sexta que transporten más de doce pasajeros. No estarán obligadas a su registro, o se regularán por su normativa específica, las embarcaciones históricas y tradicionales, así como las embarcaciones de regatas que estén destinadas exclusivamente a la competición y los artefactos flotantes o de playa.

3. Quedan además excluidos de la aplicación de este real decreto los procedimientos de cambio de lista, salvo los que se produzcan entre las listas sexta y séptima de las listas enumeradas en el artículo 4 del Real Decreto 1027/1989, de 28 de julio.

4. Las embarcaciones de recreo de eslora igual o inferior a 12 metros, exceptuadas las embarcaciones de alta velocidad, estarán sujetas al régimen previsto en el artículo 8 de este real decreto, cuando ostente la propia embarcación y su equipo propulsor el marcado CE.

### **Artículo 4. Del abanderamiento y matriculación de las embarcaciones en las listas sexta y séptima.**

1. El procedimiento de abanderamiento y matriculación se iniciará con la solicitud del propietario de la embarcación, o su representante autorizado, ante el distrito marítimo correspondiente al puerto de matrícula elegido por el mismo, cumplimentada de acuerdo con el modelo que figura en el anexo I.

En aquellos supuestos en que la adquisición de la embarcación sea a través de fórmulas de arrendamiento financiero con opción a compra, el procedimiento de abanderamiento y matriculación podrá ser iniciado tanto por la entidad financiera como por el arrendatario.

El distrito marítimo ante el cual se presentó la solicitud realizará todas las actuaciones necesarias para la tramitación del expediente de acuerdo con lo establecido en la Ley 30/1992.

Los modelos de solicitudes estarán disponibles en cualquier distrito marítimo y en la dirección del registro electrónico del Ministerio de Fomento (<https://sede.fomento.gob.es>).

### **Artículo 5. De la hoja de asiento.**

*La hoja de asiento será abierta, para cada embarcación, con cualquiera de las solicitudes a las que se hace referencia en el artículo 4 de este real decreto. En ella se anotarán los actos registrables relacionados con la embarcación y demás vicisitudes que le afecten a lo largo de su vida útil, y se cerrará con la anotación de baja correspondiente.*

### **Artículo 6. Del certificado de registro español-permiso de navegación.**

*A toda embarcación registrada y abanderada, dotada de tripulación no profesional, le será expedido el certificado de registro español-permiso de navegación.*

*En este documento figurarán las características principales de la embarcación y los datos de su propietario y tendrá el formato que se indica en el anexo IV.*

*Las embarcaciones con tripulación profesional, deberán llevar el modelo oficial de rol de acuerdo con lo previsto en la Orden de 18 de enero de 2000 por la que se aprueba el Reglamento sobre despacho de buques.*

### **Artículo 7. Del nombre e indicativo de matrícula de la embarcación**

*1. El nombre de la embarcación, que será obligatorio para las de eslora superior a 12 metros, y potestativo para las iguales o inferiores a dicha eslora, se asignará, a propuesta del interesado, con sujeción a lo siguiente:*

*a) Al solicitar el abanderamiento, en el modelo que figura en el anexo I, el interesado propondrá el nombre.*

*b) La asignación del nombre se realizará por el distrito marítimo al dictar resolución sobre la solicitud de abanderamiento. La asignación se decidirá con sujeción a los siguientes requisitos:*

*i. Podrán autorizarse anagramas, siempre que no se presten a confusión, así como números a continuación de un nombre, que podrán figurar escritos en letra, así como en números romanos o arábigos.*

*ii. En todo caso, el nombre figurará en alfabeto latino.*

*2. El nombre irá pintado o fijado de forma permanente en un color que destaque sobre el fondo del casco y en un tamaño adecuado a las dimensiones de la embarcación, de forma que pueda ser fácilmente identificada en la mar.*

*3. El nombre podrá pintarse o fijarse en las amuras, en las aletas o en la popa.*

*4. Las embarcaciones llevarán el indicativo de matrícula pintado o fijado de forma permanente en ambas amuras y se colocará a la máxima altura posible de la línea de flotación. Su tamaño será el suficiente en relación con las dimensiones de la embarcación para que pueda ser fácilmente identificado en el mar y su color será claro sobre cascos oscuros y oscuro sobre cascos claros.*

5. Las embarcaciones auxiliares deberán llevar el mismo indicativo de matrícula de su principal, sin nombre, y añadiendo al final del mismo, entre paréntesis la expresión «Aux» y el indicativo de matrícula de su principal. En el supuesto de que hubiese más de una embarcación auxiliar, se utilizarán números correlativos.

**Artículo 11. Documentación requerida para el abanderamiento de embarcaciones construidas por aficionados.**

1. Las embarcaciones nuevas construidas por aficionados se podrán abanderar y registrar en la lista séptima siempre que se presente un proyecto elaborado y firmado por técnico titulado competente, en el que a juicio de la Administración marítima se demuestre que la embarcación cumple con lo establecido en la Orden FOM/1144/2003. y con los requisitos esenciales establecidos en el anexo I del Real Decreto 2127/2004. El cumplimiento con las normas armonizadas del anexo XVIII del Real Decreto 2127/2004 será admitido como suficiente respecto al cumplimiento de los requisitos esenciales.

El seguimiento de la construcción de estas embarcaciones será realizado por la Administración marítima de acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 1837/2000, de 10 de noviembre. Asimismo, habrán de superar con resultado favorable el reconocimiento inicial realizado por la Administración marítima de acuerdo con lo establecido en el artículo 3.A del Real Decreto 1434/1999.

En esos casos, el interesado presentará ante el distrito marítimo la documentación que se indica en el artículo 10.3.

2. Si la embarcación construida por aficionado se comercializa o se pretende inscribir en la lista sexta, con independencia del tiempo transcurrido desde su construcción, se deberá obtener, previamente a su inscripción en el registro, el marcado CE, mediante un procedimiento de evaluación de la conformidad con posterioridad a su fabricación, regulado en el artículo 6.1 del Real Decreto 2127/2004.

3. Una vez obtenido dicho marcado se podrá solicitar la inscripción en el registro presentando la documentación indicada en el artículo 9 de este real decreto.

**Artículo 13. Resolución del procedimiento del abanderamiento.**

1. El procedimiento de abanderamiento finalizará mediante resolución del jefe de distrito marítimo, dictada en el plazo de un mes desde la presentación de la solicitud. La resolución, que será notificada al interesado, contendrá la autorización de su abanderamiento o su denegación motivada, conforme a la legislación vigente. Transcurrido el plazo señalado sin resolución expresa se entenderá desestimada la solicitud de abanderamiento.

2. En el caso de que la resolución sea desestimatoria, junto con su notificación al interesado se adjuntarán los documentos originales que hubieran acompañado a la solicitud de abanderamiento.

3. La resolución del jefe de distrito marítimo será susceptible de recurso de alzada ante el Director General de la Marina Mercante, cuya resolución pondrá fin a la vía administrativa y la misma podrá ser recurrida potestativamente en reposición ante el mismo órgano que la hubiera dictado o ser impugnada directamente ante el orden jurisdiccional contencioso-administrativo.

### **Artículo 15. Pago de las tasas**

1. El pago de la tasa de inscripción en el registro se acreditará al solicitar el abanderamiento.

2. En su caso, será exigible el pago de la tasa por emisión del certificado de navegabilidad conforme a lo dispuesto en el artículo 12 de la Ley 14/2000, de 29 de diciembre, de Medidas fiscales, administrativas y del orden social, y en la modificación de su apartado siete efectuado por la Ley 24/2001, de 27 de diciembre, de Medidas fiscales, administrativas y del orden social, y de la tasa por asignación del MMSI y por emisión de la licencia de estación de barco de acuerdo con lo previsto en el artículo 4 de la Ley 4/2004, de 29 de diciembre, de modificación de tasas y de beneficios fiscales de acontecimientos de excepcional interés público.

Asimismo, será exigible el pago previo de las tasas correspondientes para efectuar la inscripción de cada uno de los actos registrables.

3. El pago de las tasas indicadas en el apartado anterior se realizará en entidad de depósito autorizada por el Ministerio de Economía y Hacienda, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 12.5 de la Ley 14/2000, y se formalizará en un único instrumento de cobro que incluya el importe total a abonar y los conceptos desglosados correspondientes a cada tasa.

### **Artículo 16. Obligaciones de los propietarios y usuarios de las embarcaciones**

1. Los propietarios de las embarcaciones deberán solicitar su registro, instar su baja en el registro y realizar todos los actos precisos para mantener al día los documentos a que se refiere el artículo 14.2.

2. Los propietarios de las embarcaciones y, en su caso, los usuarios serán responsables de llevar a bordo los documentos a que se hace referencia en el apartado anterior, además de cualquier otro exigido por la normativa vigente.

3. La inexactitud o falseamiento en la información acerca de las embarcaciones o en la documentación aportada, así como el incumplimiento de llevar a bordo de la embarcación los documentos citados en el artículo 14.2, o el falseamiento o alteración de los mismos, salvo que dicha conducta haya sido sancionada por vía judicial, de conformidad con lo previsto en el artículo 119.3 de la Ley 27/1992, serán sancionados conforme a lo dispuesto en el título IV de la mencionada Ley 27/1992.

## 10. Documentación de la embarcación

Para poder navegar, es necesario que la embarcación tenga a bordo la siguiente documentación:

- Certificado de navegabilidad o certificado de inscripción
- Recibo del seguro vigente obligatorio de responsabilidad civil, de acuerdo con el Real Decreto 607/1999. Para embarcaciones de lista 6ª con tripulación contratada y sin transportar más de 12 pasajeros, dispondrán también de seguro vigente de accidentes.
- Documentación propia de la embarcación (hoja de asiento/registro español marítimo, permiso de navegación, rol, etc.).

Y en caso que proceda, también poder disponer de la siguiente documentación:

- Notificación de la instalación/desmontaje de equipos radioeléctricos
- Licencia Estación Buque (LEB)
- Manuales de instrucciones de equipos instalados a bordo
- Manual del equipo propulsor o equipos auxiliares
- Manual de propietario para embarcaciones con marcado “CE”
- Planos del barco o proyecto
- Esquemas de las instalaciones
- Certificados de inspección de la radiobaliza, respondedor radar y balsa salvavidas.



## 11. Mantenimiento

El mantenimiento de la embarcación, es otra etapa, posterior a la construcción y muy necesaria si se quiere dar longevidad y eficiencia en la navegabilidad en la embarcación. Lo primero se refiere a mantener la estructura/partes del barco protegido de la putrefacción y radiación solar, y la segunda, a hacer mantenimiento de la obra viva, pues en ella se genera una flora y fauna marina que se adhiere con gran fuerza al casco, generando rugosidad y, por lo tanto, mayor resistencia al avance. Como también se hablará del mantenimiento del equipo propulsor y otros equipos si los tuviera.

### 11.1. Madera

Las maderas (sin pintura) situadas en ambientes marinos, están sujetas a condiciones atmosféricas severas que con el paso del tiempo dañan a la madera. El impacto del sol, la humedad y la sal resecan la madera que hace que poco a poco vaya perdiendo la vida.

Para evitar la humedad, es muy importante que la madera esté bien ventilada para que no proliferen el moho y se vaya pudriendo.

Para protegerla del sol, se deberá barnizar la embarcación como mínimo una vez al año, siguiendo los siguientes pasos.

- **Retirar los restos** de barniz viejo con una lija con un acabado de grano 220.
- **Limpieza** de la superficie con aire, trapos y alcohol de quemar.
- **Aplicación** de la resina, entre 4 – 5 capas de resina y con tiempo de secado entre capa indicada por el fabricante de la resina. En la primera capa, el barniz se aplicará con una disolución mínima del 40% para permitir una buena impregnación del producto en la madera y en las siguientes manos se deberá ir reduciendo la cantidad de disolvente para ir dando más espesor al barniz. En las siguientes manos se debe repetir todo el proceso desde el primer punto, cada vez aumentando el grano de lija hasta acabar con 360 – 400 y reduciendo.

## 11.2. Obra viva

Una vez al año, se debe sacar la embarcación del mar, para realizar el mantenimiento de la obra viva, pues los organismos marinos proliferan rápidamente a lo largo de todo el año. El no realizar dicho mantenimiento puede provocar:

- Una mayor resistencia al avance traducido en un mayor consumo de combustible navegando a motor y una menor velocidad en el caso de navegación a vela.
- Una menor maniobrabilidad.
- Vibraciones.
- En el caso de tener tomas de mar, éstas pueden obstruirse.

A continuación, se muestra las diversas formas de mantener la obra viva del casco, pues existen varias soluciones en el mercado, aunque la más utilizada en este momento es el sistema de Anti-Fouling.

### 11.2.1. Anti-Fouling

El Anti-Fouling, como bien se ha comentado en el apartado de pinturas y barnices, es una pintura que al secar forma una película homogénea y bien adherida al sustrato, una vez sumergida, ésta pintura se reblandece, absorbe agua y se solubiliza parcialmente, liberando así los productos biológicamente activos que contienen y van envolviendo el casco en un manto que impide la fijación de los organismos marinos.

Es el método más convencional y el más asequible, si uno puede realizarse el mantenimiento sin tener que acudir a terceros. Por el contrario, es elemento que puede perjudicar la vida de los organismos en el mar, es por esto que se están desarrollando anti incrustantes menos agresivos contra el medio marino o la nombrada anteriormente antifoulings sin biocidas (Intersleek).

### 11.2.2. Autolavado

Consiste en no tener ningún tipo de protector en el casco ante los organismos, en vez de esto, cada vez que se sale a navegar, antes de atracar la embarcación, se pasa por un autolavado parecido al de los automóviles, adaptado para barcos. Este tipo de sistema es útil si se sale a navegar con frecuencia elevada. Actualmente, este sistema no está disponible en la mayoría de los puertos deportivos.



Ilustración 146: Autolavado de barcos. Fuente: internet

### 11.2.3. Dique seco

Otra alternativa, seguramente la más cara de todas a corto plazo, es sacar el barco del agua cada vez que se termina la jornada de navegación. Esto requiere una instalación fija en el pantalán donde atracar el barco, una vez atracado se levanta la embarcación mediante un mecanismo de elevación. Con esto uno se ahorra pinturas i mantenimientos.



Ilustración 147: Dique seco elevador. Fuente: internet

### 11.2.4. Motor propulsor

Siguiendo el manual de usuario del motor propulsor, se realizarán los cambios de los componentes descritos por el fabricante. Se tienen dos factores para saber cuando tocan los cambios de componentes del motor, estos son, las horas de funcionamiento y los años, una recomendación es poner un contador de horas de funcionamiento del motor, para así realizar los cambios de piezas cuando sea preciso. Este es un ejemplo de una parte de una tabla de mantenimiento del fabricante de un motor fueraborda aleatorio.

Elemento	Acciones	Inicial	Cada			
		20 horas (3 meses)	100 horas (1 año)	300 horas (3 años)	500 horas (5 años)	
Ánodo(s) (exterior(es))	Inspección o sustitución, según se requiera		●/○			
Fuga de agua de refrigeración	Inspección o sustitución, según se requiera	○	○			
Cierre de la capota	Inspección		●/○			
Condición de arranque del motor/ruido	Inspección	●/○	●/○			
Velocidad de ralenti del motor/ruido	Inspección	●/○	●/○			
Filtro de gasolina (en el interior del depósito de combustible integrado)	Inspección y limpieza, según se requiera		○			
Filtro de gasolina (tipo desechable)	Sustitución		○			
Tubo de combustible (alta presión)	Inspección	●	●			
Tubo de combustible (alta presión)	Inspeccionar o cambiar según sea necesario	○	○			
Tubo de combustible (baja presión)	Inspección	●	●			
Tubo de combustible (baja presión)	Inspeccionar o cambiar según sea necesario	○	○			
Bomba de gasolina	Inspección o sustitución, según se requiera			○		

Tabla 6: Tabla mantenimiento motor. Fuente: internet

Una vez al año o cuando el motor va a invernar, es importante realizar las siguientes tareas, realizables por el propio usuario.

- Revisar y limpiar si fuese necesario las entradas de agua de refrigeración de agua salada.

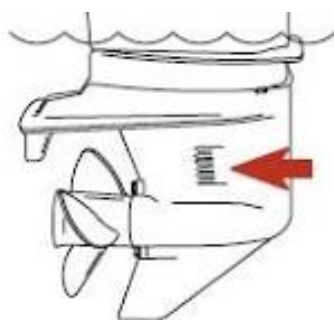


Ilustración 148: Lumbreras agua. Fuente: internet

Un buen consejo es el de subir el motor (que no esté dentro del agua) cada vez que se termine la jornada de navegación, pues de esta manera se evita que los organismos marinos proliferen en la superficie de la cola de motor. Y pasarle agua dulce para quitarle la sal (todos los puertos deportivos cuentan con instalación de agua dulce en sus pantalanes).

- Limpiar todo el motor con agua dulce y jabón, para quitarle toda la sal
- Limpiar la sal del circuito de refrigeración. Para ello, se debe:

O sumergir la cola del motor en un bidón de 200 litros mínimo lleno de agua dulce y hacerlo funcionar en vacío (punto muerto) durante 15 – 20 minutos.

O comprar un adaptador para la manguera que se conecta a la entrada de agua del circuito de refrigeración y hacerlo funcionar en vacío (punto muerto) durante 15 – 20 minutos.

Estas 3 tareas son las mínimas que tendría que realizar el usuario una vez extraído el motor del agua, no obstante, es recomendable llevar el motor al mecánico naval, para que le haga un mantenimiento exhaustivo.

## 12. Estudio económico

Para completar el proyecto y que el lector tenga una idea de los costes totales y de la cantidad de materiales, se ha dedicado este apartado, en el que se hace un estudio económico de todo el proyecto, contando que se trata de un velero con motor fuera borda, desglosándose de la siguiente manera:

### 12.1. Herramientas

	Tipo	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
Herramientas	Abrasivas	Cepillo electrico	1	150	150
		Cepillo manual	1	10	10
		Juego de limas	1	15	15
		Lijadora electrica	1	100	100
	Atornillar y desatornillar	Destornillador electrico	1	150	150
		Destornilladores manuales	4	6	24
	Cizalladura / Alicates	Alicates universales	1	15	15
	Corte	Caja de inglete	1	10	10
		Maquina sierra multifuncional	Opcional	200	0
		Sierra de calar	1	140	140
		Sierra de punta	1	10	10
		Sierra de trasdós	1	10	10
		Sierra para metales	1	10	10
	Medida	Chocla	1	10	10
		Compas	1	10	10
		Escuadra	1	5	5
		Flexometro	1	5	5
		Nivel	1	15	15
		Plomada	1	5	5
		Transportador de ángulo	1	5	5
	Percusión	Martillo de uña	1	10	10
		Martillo de nylon	1	14	14
	Pinturas y barnices	Bandejas	30	3	90
		Brochas	10	5	50
		Rodillo metálico	1	5	5
		Rodillos	20	2	40
		Sujeción	Mordazas	10	10
	Taladrar	Sargentos	30	15	450
		Tornillo de banco	1	50	50
		Juego de broca de avellanar	1	20	20
		Juego de brocas	1	30	30
		Juego de coronas y palas	1	20	20
		Taladro	1	100	100
Precio total					1678

Tabla 7: Presupuesto Herramientas. Fuente: propia

## 12.2. EPIs

	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
EPIs	Gafas	1	5	5
	Guantes de manipular	3	10	30
	Guantes de seguridad	1	20	20
	Mascarilla	2	10	20
	Zapatos de seguridad	1	40	40
Precio total				115

Tabla 8: Presupuesto EPIs. Fuente: propia

## 12.3. Amarre y fondeo

	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
Amarre y fondeo	Ancla	1	60	60
	Bichero	1	15	15
	Cabos	2	30	60
	Cadena	1	20	20
	Cornamusa	4	15	60
	Defensas	5	20	100
	Escalera	1	70	70
Precio total				385

Tabla 9: Presupuesto Amarre y Fondeo. Fuente: propia

## 12.4. Propulsión mecánica

	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
Propulsión Mecánica	Motor fueraborda 6CV	1	1600	1600
	Soporte motor	1	200	200
Precio total				1800

Tabla 10: Presupuesto Propulsión Mecánica. Fuente: propia



## 12.5. Jarcia y arboladura

	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
Jarcia y Arboladura	Cabestrante	1	50	50
	Cadenote	4	10	40
	Enrollador	1	500	500
	Funda para mayor	1	140	140
	Guia escota	3	15	45
	Jarcia de labor	1	150	150
	Jarcia firme	1	500	500
	Mastil y Botavara	1	1500	1500
	Mordaza	3	30	90
	Polea guía	2	50	100
	Torrecilla giratoria	1	120	120
	Velas (Mayor y Foque)	1	1000	1000
Precio total				3460

Tabla 11: Presupuesto Jarcia y Arboladura. Fuente: propia

## 12.6. Madera

	Descripción	dm³	m²	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
Madera	Madera flandes 50x150 (banco construcción)		0,153	537	82,161
	Madera flandes 25x150 (banco construcción)		0,019	600	11,4
	Madera de roble blanco americano	200		4,25	850
	Contrachapado marino fenolico		32	12	384
	Iroko (bancos y otros)		4	76	304
Precio total					1631,6

Tabla 12: Presupuesto Madera. Fuente: propia

## 12.7. Tornillería

	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
Tornillería	Tornillo bronze 4x20	144	0,16	23,04
	Tornillo bronze 4x25	720	0,2	144
	Tornillo bronze 4x32	288	0,2	57,6
	Tornillo bronze 4x37	144	0,28	40,32
	Clavo bronze	1250	0,1	125
Precio total				390

Tabla 13: Presupuesto Tornillería. Fuente: propia

## 12.8. Pinturas, barnices, fibras y resina.

	Peso (kg)	Precio (€)
Resina epoxi	40	600
Varnizes	4	100
Sillica Coloidal	0,5	30
Catalizador	8	200
	Superficie (m <sup>2</sup> )	
Fibra de vidrio	30	120
Total	1050	

Tabla 14: Presupuesto Pinturas, Barnices, Fibras y Resinas. Fuente: propia

## 12.9. Otros

	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Precio total (€)
Otros	Colchonetas proa	1	300	300
	Remolque	1	2000	2000
	Planos	1	200	200
	horza	1	500	500
Precio total				2300

Tabla 15: Presupuesto Otros. Fuente: propia

## 12.10. TOTAL

El coste total para esta embarcación de 5,3 metros de eslora es de unos **14.000 euros**, aproximadamente, lo que da una idea aproximada del presupuesto que se debe invertir si se desea construir esta o una embarcación de características similares, comparando con embarcaciones de compra de características similares, los precios han salido parecidos.

A continuación se hace una comparativa con algunos modelos a vela de eslora parecida.

- **Devon Long boat**



Eslora: 6,57 metros

Estado: Nuevo

Precio: 16.599 €

Ilustración 149: Devon Long boat. Fuente: internet

- **Viko 23**



Eslora: 6,8 metros

Estado: Nuevo

Precio: 16.900 €

Ilustración 150: Viko 23. Fuente: internet

- **Mariner Yachts 20**



Eslora: 5.98 metros

Estado: Nuevo

Precio: 21.900 €

Il·lustració 151: Mariner Yachts. Fuente: internet

### 13. Conclusiones

A lo largo del trabajo, se ha podido observar como una gran cantidad de materiales de la misma familia pero de calidades diferentes pueden ser utilizados para un mismo fin pero el uso o no de unos u otros vendrán dados principalmente por el presupuesto de cada usuario y por ende, se verá afectada la calidad del proyecto, afectando está claro a la periodicidad del mantenimiento y/o la longevidad de la embarcación. Es recomendable pues, no escatimar en los gastos de materiales y si se quiere rebajar los gastos, se puede reducir el presupuesto de las herramientas, e ir comprándolas poco a poco según las necesidades.

En cuanto al presupuesto total de la embarcación, se puede observar que el precio entre comprar o construir una embarcación de características similares no existen grandes diferencias de precios. Además, el precio total de la construcción del GLEN-L 17 está dividido en 5 años que duró su construcción. Al final de la construcción incluso uno se siente más realizado y satisfecho del gran esfuerzo, a la vez que se puede ver como un pasatiempo o hobby.

En cuanto a la dificultad constructiva, se ha podido observar que si se es riguroso y paciente cualquier persona puede cumplir con sus objetivos. El secreto está en marcarse unas pautas y seguir algunos trucos de construcción y montaje que facilitarán el desarrollo del proyecto.

## 14. Bibliografia

- [1] Verney, Michael. *Manual de construcción amateur de barcos*. Editorial Tutor, 4ª edición.
- [2] Vivier, Francois. *Construcción de madera. Las técnicas modernas*.
- [3] Glen L, Witt. *Boatbuilding with plywood*. California, 1998.
- [4] MartinezMartinez, Edgar. *Curs de pintura i vernissos, Apunts del curs*. Consorci del far, 2012.

## 15. Webgrafia

- [1] Sánchez, Ana. Maderea. *Conoce cuáles son las especies o maderas de coníferas e identificarlas*. Disponible en: <https://www.maderea.es/conoce-cuales-son-las-coniferas-e-identificarlas/>. [Consulta: 28/01/2019].
- [2] Sánchez, Ana. Maderea. *Especies y maderas de frondosas ¿Sabes qué son?* Disponible en: <https://www.maderea.es/frondosas-sabes-que-son/>. [Consulta: 28/01/2019].
- [3] Diccionario náutico. Disponible en: <http://www.nautical-dictionary.com/>. [Consulta: 28/01/2019].
- [4] Manuel Presa, Juan. Cedria. *Estructura, composición y clasificación de la madera*. Disponible en: <http://blog.cedria.es/wp-content/uploads/2015/04/ALBURA-N1-ESTRUCTURA-COMPOSICION-Y-CLASIFICACION-DE-LA-MADERA.pdf> [Consulta: 28/01/2019].
- [5] Igra. *Formas comerciales de la madera*. Disponible en: <https://www.igraherrajes.com/a-que-no-sabias-esto/formas-comerciales-la-madera/>. [Consulta: 28/01/2019].
- [6] Alejandro. Maderas Santana. *Chapa marina o madera contrachapada*. Disponible en: <https://www.maderassantana.com/chapa-marina/>. [Consulta: 28/01/2019].
- [7] Hermanos Guillen. *Los orígenes del contrachapado*. <http://www.hguillen.com/2014/01/tablero-contrachapado/>. [Consulta: 28/01/2019].
- [8] Emedec. *Contrachapado: Características y aplicaciones*. Disponible en: <https://www.emedec.com/contrachapado-caracteristicas-aplicaciones/>. [Consulta: 28/01/2019].
- [9] INSHT. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. *Guía orientativa para la selección y utilización de EPI, calzado de uso profesional*. Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias\\_Orientativas\\_EPI/Ficheros/calzado\\_uso\\_profesional.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Orientativas_EPI/Ficheros/calzado_uso_profesional.pdf). [Consulta: 29/01/2019].
- [10] Adil. *Mascarillas de protección respiratoria: tipos y usos*. Disponible en: <https://www.adilropadetrabajo.com/blog/2017/12/tipos-usos-mascarillas-proteccion-respiratoria/>. [Consulta: 29/01/2019].



- [11] Fakolithchemicalsystems. *GUÍA DE POSIBLES PROBLEMAS DE APLICACIÓN EN PINTURAS EPOXI ALTOS SÓLIDOS (Gama FK-45)*. Disponible en: <http://www.fakolith.es/upload/guia-de-aplicacion-recomendaciones-problemas-y-soluciones-de-pinturas-epoxi-altos-solidos-gama-fk-45-fakolith.pdf> . [Consulta: 04/03/2019].
- [12] BOE-A-1999-18663. Ministerio de Fomento. *Reconocimientos e inspecciones de las embarcaciones de recreo*. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1999-18663> . [Consulta: 05/03/2019].
- [13] BOE-A-2010-17038. Ministerio de Fomento. *Abanderamiento y matriculación de las embarcaciones de recreo en las listas sexta y séptima*. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2010-17038> . [Consulta: 05/03/2019].
- [14] Infomadera. *Protección de la madera*. Disponible en: [https://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_77\\_proteccion.pdf](https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_77_proteccion.pdf). [Consulta: 03/04/2019].
- [15] Nauticadvisor. *Toda la información para pintura para barcos*. Disponible en: <https://www.nauticadvisor.com/blog/2016/04/12/toda-la-informacion-sobre-pintura-para-barcos/> . [Consulta: 03/04/2019].
- [16] Barnices marinos. Depintur. *Barnices marinos*. Disponible en: <http://www.depintur.com/2008/07/barnices-marinos.html>[Consulta: 09/04/2019].
- [17] Nautica y Y@tes magazine. *Mantenimiento, ¿Qué antifouling elegir?* Disponible en: <https://www.nauticayyates.com/international/que-antifouling-elegir-mantenimiento-tipos-antiincrustantes/>. [Consulta: 29/04/2019].
- [18] UPC – FNB. *Apuntes Materials en la industria naval*. [Consulta: 2019].
- [19] UPC – FNB. *Apuntes Inspecció tècnica d'embarcacions d'esbarjo*. [Consulta: 2019].
- [20] UPC – FNB. *Apuntes Mètodes de producció amb materials compostos*. [Consulta: 2019].
- [21] Cosas de barcos. *Veleros nuevos en venta*. Disponible en: <https://www.cosasdebarcos.com/veleros-ocasion-1/?esloraMin=5&esloraMax=7&tipoEstado=1> [Consulta: 21/03/2019]
- [22] Tknika. *Fichas técnicas de especies de madera*. Disponible en: <http://normadera.tknika.net/es/content/fichas-t%C3%A9cnicas-de-especies-de-madera> [Consulta: 23/05/2019]

## 16. Anexos



Il·lustració 152: GLEN-L17. Fuente: propia